Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1940.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-ONZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1940.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES-RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1940

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCES DES LUNDIS 8, 15 ET 22 JUILLET 1940.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les déformations d'origine électrique et magnétique.* Note (¹) de M. **Louis Roy**.

Considérons un solide élastique en équilibre, électrisé et diélectrique. P. Duhem (²) a exposé la théorie des déformations infiniment petites d'un tel solide supposé parfaitement doux, en partant de l'équation générale de l'équilibre

$$\delta\mathcal{T}_e - \delta_T\left(\mathcal{F}_0 + W + \int F\, d\varpi\right) = 0, \tag{1}$$

$\delta\mathcal{T}_e$ désignant le travail virtuel des forces extérieures, $\mathcal{F}_0$ le potentiel

(¹) Séance du 10 juin 1940.
(²) P. Duhem, *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme*, 2, p. 442.

thermodynamique interne du système supposé ramené à l'état neutre et dépolarisé, W son énergie électrique et F une fonction des composantes A, B, C de l'intensité de polarisation diélectrique J en un point, ainsi que des six déformations infiniment petites ∂_i, g_i en ce point; l'intégration s'étend au volume polarisé ϖ et l'indice T indique une variation isothermique.

Le développement de l'égalité (1) fournit à la fois les équations de l'équilibre électrique et mécanique. En particulier, les équations de l'équilibre mécanique du diélectrique considéré sont celles de la théorie classique de l'Élasticité, écrites en ajoutant à la force extérieure par unité de volume la force par unité de volume de composantes

$$(2) \qquad \mathrm{X}e - \mathrm{X}\frac{\partial \mathrm{A}}{\partial x} - \mathrm{Y}\frac{\partial \mathrm{B}}{\partial x} - \mathrm{Z}\frac{\partial \mathrm{C}}{\partial x} + \frac{\partial \mathrm{N}'_1}{\partial x} + \frac{\partial \mathrm{T}'_3}{\partial y} + \frac{\partial \mathrm{T}'_2}{\partial z}, \quad \ldots$$

et en ajoutant à la pression extérieure la pression de composantes

$$(3) \qquad \mathrm{X}\sigma + \alpha[-2\pi\varepsilon(\sigma+\Sigma)^2 - |\mathrm{AX}| + \mathrm{N}'_1] + \beta\mathrm{T}'_3 + \gamma\mathrm{T}'_2, \ \ldots,$$

(X, Y, Z) désignant le champ électrique au point (x, y, z); e, σ les densités cubique et superficielle de la distribution électrique réelle; ε la constante fondamentale des actions électrostatiques; Σ la densité superficielle de la distribution fictive équivalente de la polarisation diélectrique; $|\mathrm{AX}|$ le produit scalaire des vecteurs (A, B, C) et (X, Y, Z); α, β, γ les cosinus directeurs de la demi-normale intérieure en un point de la surface S du corps et où l'on a posé

$$\mathrm{N}'_i = \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial \partial_i} + \mathrm{F}, \qquad \mathrm{T}'_i = \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial g_i} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

D'autre part les composantes X, Y, Z en un point M de S, qui figurent dans (3), sont les limites vers lesquelles tendent ces mêmes composantes en un point M′ intérieur à S, quand M′ tend vers M.

Si le solide élastique considéré est à la fois diélectrique et magnétique, aux fonctions W et F de l'équation (1) s'ajoutent deux fonctions respectivement analogues $\mathcal{W}$ et $\mathcal{F}$. De même, aux composantes (2) et (3), s'ajoutent des composantes de même forme, soit (2′) et (3′), obtenues en faisant dans les premières $(e, \sigma) = 0$ et en y remplaçant les autres termes X, ...; A, ...; N'_1, ...; ε, Σ par leurs analogues $\mathcal{X}$, ...; $\mathcal{A}$, ...; $\mathcal{N}'_1$, ...; ε', $\mathcal{S}$ de la théorie du magnétisme.

Comme, d'autre part, des déformations infiniment petites imprimées à un corps élastique ne modifient qu'infiniment peu sa distribution électrique et magnétique, on peut, sans erreur sensible, calculer les déformations en substituant aux actions électriques et magnétiques effectives (2), (3) et (2'), (3') celles qui résulteraient de la distribution électrique et magnétique déterminée dans l'hypothèse d'un corps rigide.

Dans le cas de l'isotropie, la fonction F est de la forme [3]

$$F = (f + g\Theta)J^2 + h\,|\,A^2\partial_1 + BCg_1\,|,$$

$\Theta = |\partial_1|$ étant la dilatation cubique et f, g, h trois fonctions de J, qu'on peut traiter comme des constantes (approximation de Poisson), par suite de la très faible variation du coefficient de polarisation diélectrique k, ou du pouvoir inducteur spécifique $K = 1 + 4\pi\varepsilon k$ en fonction du champ.

Il n'en est plus de même, du moins en ferromagnétisme, des trois fonctions analogues f, g, h de l'intensité d'aimantation $\mathcal{J}$, qu'introduit la fonction $\mathcal{F}$.

Les fonctions f, f sont très suffisamment connues, car, si l'on néglige les déformations, c'est-à-dire si l'on réduit F à son terme principal fJ^2, f devient l'inverse de $2k$ dans l'approximation de Poisson. De même, mais sans cette approximation qui n'est plus valable en ferromagnétisme, on reconnaît qu'on a

$$(4)\qquad \frac{f}{\varepsilon'} = 4\pi\,\frac{\alpha m - \frac{1}{2}}{(m-1)^2}, \qquad \text{avec} \qquad \alpha = \frac{1}{\mathcal{B}\mathcal{H}}\int_0^{\mathcal{B}} \mathcal{H}\,d\mathcal{B},$$

m étant la perméabilité, $\mathcal{H}$ et $\mathcal{B}$ le champ et l'induction magnétiques.

Par suite de la petitesse des déformations d'origine électrique et magnétique, les autres fonctions g, h et g, h, qu'on n'a pourtant aucune raison *a priori* de supposer d'un ordre de grandeur inférieur à f et f, paraissent avoir jusqu'ici à peu près échappé à l'expérience. Cependant les quelques cas particulièrement simples de déformations, déjà traités par bien des auteurs et repris à partir des principes très sûrs qui viennent d'être rappelés, mettent en évidence les nombres $(g, h)/\varepsilon$ et $(g, h)/\varepsilon'$, donc permettraient peut-être de les déterminer.

---

[3] P. Duhem, *loc. cit.*, p. 338.

M. **Louis de Broglie** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *La Mécanique ondulatoire du photon. Une nouvelle théorie de la Lumière.* Tome I. *La Lumière dans le vide*, que je viens de publier.

Depuis plusieurs années, je poursuis des recherches dont le but est de faire rentrer d'une façon complète la théorie de la Lumière conçue comme une théorie des photons dans le cadre de la Mécanique ondulatoire générale.

Cette nouvelle théorie de la Lumière doit satisfaire à des conditions très diverses. Elle doit fondre le caractère ondulatoire et le caractère corpusculaire de la Lumière, c'est-à-dire concilier les ondes de Fresnel avec les photons, dans le cadre aujourd'hui bien connu de la Mécanique ondulatoire. Mais ce n'est pas tout. Il lui faut rendre compte de l'aspect électromagnétique de la Lumière et de ses propriétés de polarisation. Il lui faut rejoindre les conclusions obtenues par d'autres voies en théorie quantique des champs électromagnétiques. Cette tâche très complexe et très étendue peut être aujourd'hui regardée comme en grande partie effectuée par la Mécanique ondulatoire du photon telle que je l'ai développée dans ces dernières années. C'est cette théorie dont j'ai voulu donner un exposé général et cohérent remplaçant les exposés fragmentaires et indépendants que j'avais antérieurement donnés. Le livre que je vous présente aujourd'hui contient la première partie de cet exposé, celle qui est relative aux propriétés de la Lumière dans le vide.

La deuxième partie, celle qui est relative aux interactions entre lumière et matière, est en cours de rédaction et j'espère qu'elle pourra paraître prochainement.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE. — *Équilibres limites de certains milieux indéfinis, dans le cas d'une courbe intrinsèque quelconque.* Note (¹) de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note fait suite à une autre (²) dont nous *conservons les notations.*

(¹) Séance du 3 juin 1940.

(²) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 624 et 625.

Le milieu est supposé *non pesant* et la courbe intrinsèque Γ est quelconque. Étudions, à titre d'exemple, le problème suivant, intéressant au point de vue pratique : les deux demi-plans P et P′ appartiennent à un même plan et les contraintes constantes agissant sur P et P′ sont normales; la première, p_0, est donnée; la deuxième, p, est à calculer. Considérons, dans le milieu indéfini, un demi-plan perpendiculaire, en un point quelconque A, à la droite Δ qui sépare P et P′. Nous le décomposerons en trois régions par deux droites isssues de A et qui seront déterminées de la manière suivante. Dans les deux régions extrêmes, nous adopterons des solutions du premier des deux genres indiqués dans notre Note précédente; et dans la région intermédiaire, nous adopterons une solution du second genre. Recherchons, par exemple, la solution du problème pour laquelle $(dN_\alpha/d\alpha)\geqq 0$, $T\leqq 0$. En écrivant que la somme des trois angles de sommet A est égale à π, on obtient l'équation

$$(1)\qquad \int_{N_1}^{N_2}\frac{dN}{\varphi(N)}+\operatorname{arc\,tang}\varphi'(N_2)-\operatorname{arc\,tang}\varphi'(N_1)=\pi,$$

où les arcs du premier membre sont compris entre 0 et $\pi/2$, et qui, d'ailleurs, est équivalente à

$$\int_{m_1}^{m_2}\frac{dm}{\eta}=\pi.$$

$m_1>p_0$ est l'abscisse du centre $(m_1, 0)$ de la circonférence passant par le point $(p_0, 0)$ et tangente à Γ en un point, d'abscisse N_1, qui correspond au passage de la première à la deuxième région; on détermine N_1 à l'aide de

$$m_1-\sqrt{f(2m_1)}=N_1+\varphi(N_1)\left[\varphi'(N_1)-\sqrt{1+\varphi'^2(N_1)}\right]=p_0.$$

m est l'abscisse de l'intersection de l'axe des N et de la normale à Γ en un point courant $[N, \varphi(N)]$; $\varphi'(N)=[d\varphi(N)/dN]$; η est l'ordonnée du point d'abscisse m, de la tangente à Γ au point $[N, \varphi(N)]$.

N_2 et m_2 correspondent au passage de la deuxième à la troisième région; on les détermine à l'aide de (1).

On a, pour la contrainte normale cherchée,

$$p=m_2+\sqrt{f(2m_2)}=N_2+\varphi(N_2)\left[\varphi'(N_2)+\sqrt{1+\varphi'^2(N_2)}\right].$$

Considérons le cas *particulier* où la moitié supérieure de Γ satisfait

à l'équation

(2) $$T^n = k(N-d);$$

n est entier ou non et >1; $k>0$ et d sont des constantes données; et N est $\geqq d$.

Les résultats peuvent être mis sous la forme

(3) $$(p_0-d)\left(\frac{n^n}{k}\right)^{\frac{1}{n-1}} = \left(1-\frac{n\cos\theta_1}{1+\cos\theta_1}\right)\operatorname{tang}^{\frac{n}{n-1}}\theta_1 \qquad \left(\theta_1<\frac{\pi}{2}\right);$$

(4) $$\frac{1}{n-1}\operatorname{tang}\theta_2-\theta_2 = \frac{1}{n-1}\operatorname{tang}\theta_1-\theta_1+\pi \qquad \left(\theta_2<\frac{\pi}{2}\right);$$

(5) $$(p-d)\left(\frac{n^n}{k}\right)^{\frac{1}{n-1}} = \left(1+\frac{n\cos\theta_2}{1-\cos\theta_2}\right)\operatorname{tang}^{\frac{n}{n-1}}\theta_2.$$

Les équations (3) et (4) déterminent successivement θ_1 et θ_2, puis (5) donne p. Notons que θ_1 et θ_2 sont les angles aigus que forment avec l'axe des N les normales à Γ aux points correspondant aux passages de la première à la deuxième et de la deuxième à la troisième région.

L'approximation utile en pratique n'est pas bien grande, de sorte que la résolution de (3) et de (4) est rapide.

Si Γ est une *parabole du second degré* ($n=2$), on a

(6) $$\cos\theta_1 = \frac{1}{1+2\sqrt{\frac{p_0-d}{k}}},$$

(7) $$\operatorname{tang}\theta_2-\theta_2 = \operatorname{tang}\theta_1-\theta_1+\pi,$$

(8) $$p = \frac{k}{4}\left(\frac{1+\cos\theta_2}{\cos\theta_2}\right)^2+d.$$

Dans le cas de *l'hypothèse de Coulomb* $T=(N-d)\operatorname{tang}\varphi$, φ désignant ici un angle constant, on retrouve aisément la formule de M. Caquot :

$$p-d = (p_0-d)\,e^{\pi\operatorname{tang}\varphi}\operatorname{tang}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right).$$

Les divers problèmes du même genre peuvent être résolus *facilement*, d'une manière *analogue*.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les fréquences propres de vibration des ions négatifs de la molécule de l'hydrogène observées dans le domaine des ondes électriques courtes.* Note (1) de M. **Vitalie Majeru**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué (2) la méthode employée dans ces recherches et donné la description des appareils utilisés.

L'hydrogène à pression réduite est ionisé par un courant continu constant entre deux cylindres de même axe, en cuivre. Ces cylindres de longueur variable forment un résonateur qui vibre en quart d'onde et qui est accordé avec un oscillateur extérieur, à fréquence et intensité constantes, pendant la durée d'une mesure. En déterminant la longueur du résonateur avec et sans gaz ionisé, on peut connaître la vitesse de propagation des ondes électriques et ensuite l'indice de réfraction n du gaz ionisé. Comme on le sait, on peut admettre que n^2 est égal à la constante diélectrique k, si l'on néglige la variation de la vitesse de propagation des ondes avec la conductibilité du gaz ionisé.

On voit sur la figure la variation de la constante diélectrique en fonction de la longueur d'onde. Les deux courbes représentées sont déterminées dans les mêmes conditions de pression ($0^{mm},3$ de mercure). La courbe en trait plein correspond à une intensité de courant d'ionisation égale à 0,01 ampère par centimètre de longueur du tube. Celle en pointillé correspond à une intensité double.

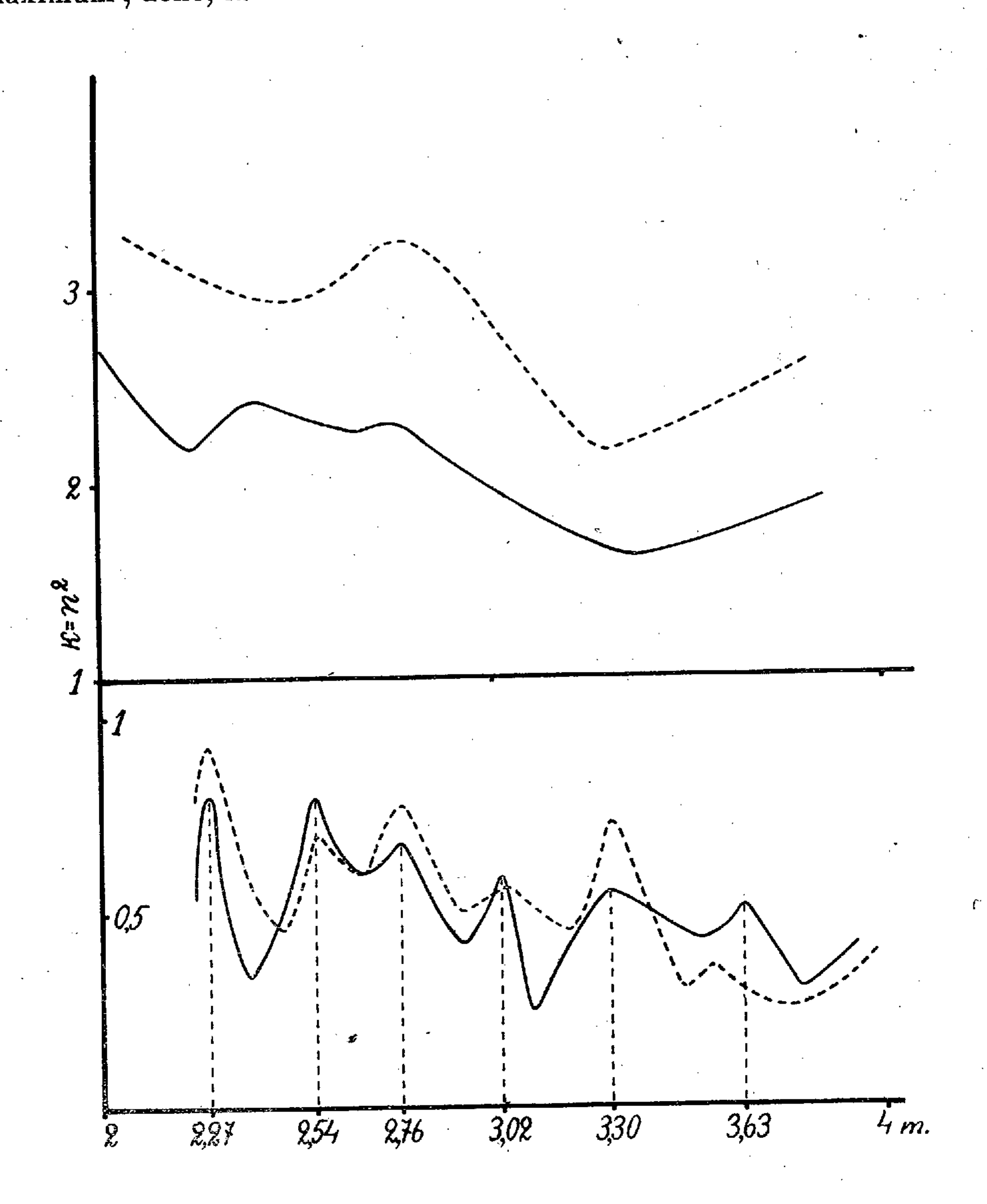
Bien plus intéressante est l'étude de la conductibilité du gaz ionisé. Pour faire cette étude on détermine l'intensité du courant oscillant dans le résonateur avec et sans gaz ionisé. En variant la longueur du résonateur et en maintenant constantes la fréquence et l'intensité du courant de l'oscillateur, on trace une courbe de résonance. La courbe qui correspond au gaz ionisé est beaucoup plus aplatie que celle obtenue avec le même gaz non ionisé. Cette différence est due aux fuites du courant de haute fréquence entre les deux cylindres. Ces fuites sont d'autant plus grandes que la conductibilité du gaz ionisé est plus grande.

Si dans le gaz ionisé existe des oscillateurs qui ont la même fréquence de vibration que le résonateur, c'est-à-dire s'il existe des ions négatifs ayant

(1) Séance du 15 mai 1940.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 131.

la même fréquence propre que le résonateur, la conductibilité passe par un maximum ; donc, la courbe de résonance sera très amortie.



Les courbes, en bas de la figure, représentent, dans les conditions spécifiées ci-dessus, la variation de l'amortissement en fonction de la longueur d'onde. On observe qu'il y a plusieurs valeurs de la longueur d'onde pour

lesquelles l'amortissement est maximum. Ces longueurs d'onde sont les suivantes, ν représentant les fréquences qui leur correspondent :

λ....	$2^m,27$	$2^m,54$	$2^m,76$	$3^m,02$	$3^m,30$	$3^m,63$
ν....	$1,31.10^8$	$1,18.10^8$	$1,08.10^8$	$0,99.10^8$	$0,9.10^8$	$0,82.10^8$

GÉOLOGIE. — *La série sédimentaire au Sud-Ouest de Sohag (Haute-Égypte).* Note [1] de M. JEAN CUVILLIER, présentée par M. Charles Jacob.

A quelques kilomètres au Sud-Ouest de Sohag, les falaises nummulitiques se dressent en bordure de la zone des cultures où leur accès est particulièrement aisé; la coupe, dont on trouvera ci-après le détail, est prise en face du village de Nag'Hamad qui se situe au débouché d'un ouadi échancrant le plateau voisin où il se ramifie vers le Nord-Ouest et vers le Sud, sans pénétrer profondément dans le désert Lybique.

L'ouadi, dont le parcours, de la base au sommet, permet une observation méthodique de la série sédimentaire qu'il entame, est, à son embouchure, encombré par de véritables dunes qui en masquent le lit sur quelques centaines de mètres.

Les premières formations qui sortent des sables sont des couches grossièrement horizontales d'un calcaire blanc-grisâtre, où l'érosion alvéolaire ainsi que le morcellement en tous sens de la roche lui donnent un aspect bien particulier; on y trouve de gros rognons de silex, mais guère de fossiles.

Vient au-dessus un calcaire jaunâtre, en plaquettes, formant aussi la base d'une butte-témoin plantée verticalement dans l'ouadi, peu fossilifère comme le précédent.

Il est recouvert par un calcaire très dur, morcelé, avec rognons de silex à Foraminifères.

Plus haut encore, les couches deviennent plus blanches, plus tendres et plus riches en organismes; j'y ai récolté, en place, les Mollusques suivants : *Spondylus* sp. aff. *ægyptiacus* Newt., *Vulsella* cf. *crispata* Fisch., *Chama latilamellata* Bell., *Cytherea* cf. *connexa* M. E., *Lucina* sp., ainsi que des Échinides assez mal conservés, *Rhynchopygus* cf. *Thebensis* De Lor., *Brissopsis* sp.

La suite de cette succession comporte d'abord des lits de calcaire

(1) Séance du 10 juin 1940.

grisâtre plus dur, schisteux par endroits, renfermant encore des rognons de silex; ils sont bien développés dans la partie de l'ouadi où les deux berges, fort rapprochées, dessinent une gorge étroite. Les oursins ne sont pas rares à ce niveau, *Sismondia Logotheti* Fraas, *Brissopsis* sp.; vient alors une région de couches plus tendres et moins sombres, avec intercalations de marnes blanches feuilletées, puis de calcaires marneux, schisteux, grisâtres, couronnés eux-mêmes par un calcaire blanc-jaunâtre passablement crayeux et tendre, riche en Nummulites, *N. atacicus* Leym. A et B, *N.* cf. *granifer* Douv., avec *Thagastea Humei* Fourt., *Ostrea multicostata* Desh., *Ostrea aviola* M. E., *Cardita ægyptiaca* Fr., *Strombus* sp., etc.

La portion la plus élevée de cette série comprend, à partir du niveau précédent, un horizon de calcaire gris-jaunâtre, morcelé, avec rognons de silex, peu fossilifère, puis des calcaires marneux, rosés, plus tendres, que surmonte un banc de calcaire dur où l'érosion alvéolaire est de nouveau très affirmée.

Enfin, terminant la coupe et constituant la couche dans laquelle prennent naissance les premières découpures de l'ouadi, des couches de marnes calcaires blanches, de dureté très inégale, forment le plateau qui s'étend à l'infini vers le désert; vers le milieu de leur épaisseur, d'énormes masses de silex sont abondamment représentées, rappelant, par leurs formes arrondies, les « battikh » de la région comprise entre la vallée du Nil, plus au Nord et l'Oasis de Khargha; ces formations, plus fossilifères que les niveaux sous-jacents, sont essentiellement caractérisées par leur extrême richesse en plaque de Stellérides et *Sismondia Logotheti* Fraas, avec lesquels j'ai aussi recueilli *Metalia Mayeri* Fourt., *Echinolampas* cf. *Lycopolitanus* Fourt., *Schizaster* cf. *Santamariai* Gauth., *Heterospatangus Lefebvrei* De Lor. sp., *Thagastea Humei* Fourt.

Le plateau lui-même est recouvert d'innombrables silex brunâtres, souvent à organismes (Nummulites, Bivalves), étalés sur les dômes qui séparent les ouadis, épars sur la partie supérieure des pentes, accumulés par places dans de véritables poches plus ou moins profondes, creusées dans la couche tendre à *Sismondia* où ils forment des paquets noirâtres contrastant avec la blancheur des sédiments où ils se sont trouvés enfouis.

Un peu au Nord de Nag'Hamad, à proximité du monastère copte d'Amba Schnouda (Amba Bishaï sur les cartes), au pied de la falaise dont les couches sont, en plusieurs endroits exploitées pour la pierre à bâtir qu'elles fournissent, j'ai ramassé un certain nombre de fossiles qui, pour n'avoir

pas été prélevés *in situ*, n'en méritent pas moins d'être mentionnés; ce sont des formes qui appartiennent surtout à la région inférieure de la coupe précédente, à des niveaux qu'il m'est toutefois impossible de préciser; cela n'a d'ailleurs qu'une importance relative, la position stratigraphique de l'ensemble étant assez bien définie; j'y ai identifié les organismes suivants :

Nummulites atacicus Leym., *Sismondia Logotheti* Fraas, *Metalia Mayeri* Fourt., *Ostrea multicostata* Desh., *Gryphæa pharaonica* Opp., *Vulsella* cf. *crispata* Fisch., *Spondylus* sp., *Mytilus Thebaicus* Opp., *Chama latilamellata* Bell., *Corbis laxilamella* M. E., *Lucina metablata* Cossm., *Lucina* cf. *perornata* Bay., *Cytherea* cf. *propensa* M. E., *Cardium halaënse* d'Arch., *Cardita ægyptiaca* Fraas, *Psammobia* sp., *Natica* sp., *Turritella* sp., *Tudicla* cf., *Ramses* Cuv., avec un énorme *Nautilus* indéterminé, des plaques de Stellérides et de nombreux articles d'appendices de Crustacés.

L'ensemble de la série stratigraphique ainsi détaillée correspond à une épaisseur totale d'environ 200 mètres au-dessus des terres en culture; elle appartient entièrement à la portion récente de l'Éocène inférieur, englobant, d'une part, les couches représentées dans la portion supérieure des falaises situées à l'Est de Girga, plus au Sud, d'autre part, les niveaux de base du Gebel Drounka, près d'Assiout, avec des formations intermédiaires entre ces deux extrêmes. Leur faune, où se retrouvent quelques formes qui passent dans le Lutétien, comprend surtout des représentants de l'Yprésien supérieur.

Quant aux cailloutis épars sur le plateau, ils sont bien plus récents et contemporains des périodes de grandes précipitations qui ont donné à l'Égypte les grandes lignes de sa topographie actuelle, après le creusement de la vallée du Nil. Ils ont leur équivalent dans les alluvions caillouteuses bien plus puissamment développées dans la région de Qéna et plus au Sud où j'ai eu l'occasion de les signaler dans plusieurs localités.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur la polarité des tissus du tubercule de Carotte*. Note (1) de M. **Roger Gautheret**, transmise par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons signalé antérieurement que, si l'on dispose une tranche de Carotte dans un milieu nutritif, elle se développe en produisant un cal

(1) Séance du 10 juin 1940.

volumineux; ce cal est localisé sur la face apicale, c'est-à-dire sur la face qui est tournée vers la racine, lorsque le prélèvement n'a pas encore été effectué et que la tranche fait partie intégrante du tubercule; la face opposée (qui dans le tubercule entier est tournée vers les feuilles) ne s'accroît pas.

Nous avons d'autre part montré que des cals semblables peuvent être obtenus en cultivant de petits fragments de tissus de Carotte dans un milieu sucré renfermant de l'acide indol-β-acétique, à la concentration de 10^{-8}. Dans ces conditions, on n'observe pas de polarité du développement, mais c'est le tissu situé au contact du substratum qui prolifère et se transforme en cal.

Si la concentration d'hétéro-auxine est de l'ordre de 10^{-6}, il ne se forme pas de cal, mais une multitude de racines apparaissent sur le tissu.

Si l'on tient compte du fait que le tubercule de Carotte renferme normalement de l'hétéro-auxine (acide indol-butyrique), ainsi que cela a été établi par Lefèvre, il est permis de supposer que c'est cette substance qui provoque la formation de cals à la surface des tranches isolées. On peut même penser que le transport de l'hétéro-auxine s'opère dans une direction privilégiée (sens feuilles-racines) et que la substance excitante, s'accumulant sur la face apicale de la tranche isolée, provoque par conséquent la prolifération des tissus de cette face, cette hypothèse explique la remarquable dissymétrie du développement que nous avons signalée.

Afin de vérifier cette hypothèse nous avons réalisé l'expérience suivante qui nous a renseigné sur le sens de circulation de l'hétéro-auxine dans les tissus.

Des prismes de tissus sont découpés aseptiquement dans une Carotte en veillant à ce que leur axe soit parallèle à l'axe du tubercule lui-même. Ces prismes sont alors disposés debout, à la surface de milieux nutritifs gélosés renfermant 2 % de glucose et une concentration d'acide indol-β-acétique comprise entre 10^{-9} et 10^{-4}. Certains prismes sont placés de manière que leur face apicale soit au contact du milieu, d'autres, inversement, de manière que leur face proximale soit au contact du substratum. Les culture se développent activement et présentent au bout de 20 jours des caractères remarquables. Les prismes cultivés sur un milieu renfermant une concentration de 10^{-6} d'hétéro-auxine se sont accrus d'une manière différente selon que la partie disposée au contact du substratum est la face apicale ou la face proximale.

Si la région proximale est au contact du milieu, elle forme quelques racines sous l'action de la substance excitante, mais la face apicale, bien que fort éloignée du substratum, produit un grand nombre de racines; ceci montre non seulement que le fragment de Carotte a absorbé l'hétéro-auxine, mais que celle-ci s'est déplacée au sein du tissu dans le sens feuille-racines. Si au contraire la face apicale du prisme est au contact du milieu, elle produit quelques racines, mais on n'observe jamais la formation de racines sur la face opposée, ce qui montre que l'hétéro-auxine ne peut circuler dans le sens racines-feuilles. Ces conclusions vérifient donc l'hypothèse que nous avons formulée plus haut relativement au sens de circulation de l'hétéro-auxine au sein des tissus de tubercule de Carotte. Si le milieu renferme une concentration d'hétéro-auxine de l'ordre de 10^{-7} à 10^{-8}, les résultats sont analogues. Si la concentration est de 10^{-9}, il ne se forme aucune racine. Si au contraire la concentration de l'acide indol-β-acétique dans le milieu est supérieure à 10^{-6} et de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-4}, des racines prennent naissance en n'importe quel point du tissu. Il semble donc que dans ces conditions le sens privilégié de circulation de l'hétéro-auxine soit abrogé et qu'il y ait une simple diffusion de la substance active dans toutes les directions. Nous avons répété ces expériences sur des prismes plus ou moins allongés et même sur des tranches isolées; les résultats ont toujours été comparables. Nous avons ensuite opéré sur des plantes plus ou moins âgées, depuis de très jeunes tubercules jusqu'à des tubercules âgés de plus d'un an, en train de produire des bourgeons ou mêmes munis de leurs tiges feuillées de seconde année. Nous avons pu ainsi constater que la polarité du développement de tranches isolées aussi bien que le sens de circulation de l'hétéro-auxine dans les tissus ne dépendent pas de l'âge des tissus.

Nous avons essayé de modifier la polarité en centrifugeant les tubercules avant d'opérer les prélèvements. Des tissus de tubercules soumis à une centrifugation de 8000 T. M. pendant 30 minutes, conservent leur polarité quelle que soit la direction dans laquelle on fait agir la force centrifuge.

Pour terminer, nous avons recherché si les sucres circulent aussi dans une direction privilégiée ou s'ils diffusent simplement dans tout le tissu. Pour cela, nous avons répété nos expériences en cultivant des prismes de Carotte à la surface de milieux dépourvus d'hétéro-auxine et renfermant

1 à 5 % de glucose. Comme précédemment, certains prismes reposaient sur la surface par leur face apicale, d'autres, par leur face proximale. Au bout de 3 semaines, nous prélevions des fragments de tissus dans les régions les plus éloignées du substratum et nous dosions le sucre qu'ils contenaient. La concentration en glucose des tissus était légèrement supérieure à celle du milieu et, dans tous les cas indépendante de la position des prismes par rapport au milieu nutritif; le glucose diffuse, par conséquent dans toutes les directions, contrairement à l'acide indol-β-acétique.

En résumé, nos expériences prouvent que la circulation d'hétéro-auxine dans les tissus de carotte s'opère dans une direction privilégiée, correspondant au sens feuilles-racines. Cette circulation polarisée ne dépend pas de l'âge des tissus. Elle n'est pas influencée par la force centrifuge. La polarité du développement de tranches isolées de carotte est une simple résultante de la polarité de circulation de l'hétéro-auxine dans les tissus.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'apparition de mutations tétraploides chez l'Aubergine, le Piment, le Rutabaga, le Soja, la Betterave et la Poirée, après application de colchicine.* Note ([1]) de MM. **Marc Simonet**, **Robert Chopinet** et Mlle **Françoise Armenzoni**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dès 1938 nous avons obtenu, après application de la colchicine, d'une part des variations géantes et tétraploïdes chez *Petunia*, *Linum usitatissimum* et *Raphanus*, *Brassica*, *Vinca* et *Linum grandiflorum* ([2]); d'autre part des mutations octoploïdes chez *Petunia* et *Raphanus*; enfin un certain nombre de plantes traitées, non encore fleuries, présentant pour la plupart les modifications caractéristiques de la polyploïdie ([2]). Des variations géantes ont été notées chez *Solanum Melongena* L. (Aubergine violette longue hâtive), *Capsicum annuum* L. (Piment rouge long ordinaire), *Brassica campestris* L. var. *Napobrassica* D. C. (Rutabaga ovale), *Glycine Soja* Sieb. et Zucc. (Tokio noir n° 1), *Beta vulgaris* L. (sucrière améliorée

---

([1]) Séance du 3 juin 1940.

([2]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1832; 207, 1938, p. 85-87; 209, 1939, p. 238 et *C. R. Acad. Agr.*, 24, 1938, p. 846.

Vilmorin A) et *B. chilensis* hort. (Poirée suisse et Poirée verte à couper), variétés d'origine Vilmorin.

Les traitements ont été opérés, dès après la germination, en badigeonnant la plumule, à deux reprises et à 4-5 jours d'intervalle, avec une gelée de 30 % d'agar-agar additionnée à volume égal d'une solution aqueuse de colchicine à 2 %. Après un arrêt de la végétation d'une durée d'un mois environ, souvent suivi d'une mortalité qui peut atteindre 50 % chez des plantes très sensibles (Rutabaga), certaines pousses présentèrent des modifications foliaires et ce sont elles qui ont donné naissance, dans des proportions d'ailleurs fort variables, aux mutants tétraploïdes; sur 100 plantes traitées de chaque lot, 2 Rutabagas, 6 Betteraves, 4 Poirées, 2 Sojas, 4 Aubergines et 15 Piments ont montré la polyploïdie.

L'examen microscopique du pollen est un moyen d'analyse beaucoup plus sûr, le volume des grains étant double de celui des plantes diploïdes. Tous les mutants observés sont tétraploïdes : *Solanum Melongena* et *Capsicum annuum*, $n = 24$; *Brassica campestris* var. *Napobrassica*, $n = 38$; *Glycine Soja*, $2n = 80$; *Beta vulgaris* et *Beta chilensis*, $n = 18$.

La métaphase hétérotypique n'a pu être étudiée que chez le Piment. A ce stade, outre la présence assez fréquente de 24 bivalents, nous avons constaté l'existence d'un certain nombre d'éléments uni, bi, tri et tétravalents; irrégularités qui traduisent à une distribution anormale des chromosomes à la métaphase homéotypique, où, à côté de cellules normales à $24 + 24$, on note une répartition irrégulière des chromosomes à $25 + 23$ et $24 + 23 + 1$. De même, chez les *Beta* nous avons trouvé $18 + 18$ et $19 + 17$. Les tétrades présentent souvent quelques cellules surnuméraires et le pollen de toutes ces plantes ne contient plus que 70 à 75 % de grains bien conformés. Des graines fertiles ont été récoltées en assez grande quantité; celles des *Beta* sont en voie de maturation.

Toutes ces variations tétraploïdes ont leurs organes végétatifs caractérisés par un certain gigantisme dans la taille des feuilles, des boutons, des fleurs et surtout des graines. A l'exception de la Betterave qui, dans les mêmes conditions, a déjà donné des pousses tétraploïdes (F. Schwanitz, J. Frandsen, J. Rasmusson et A. Levan), toutes les variations que nous signalons sont nouvelles. Ainsi, en ce qui concerne la production des plantes polyploïdes, l'efficacité des applications de colchicine n'est-elle plus douteuse.

Quant à la fertilité des mutants, signalons que, si celle-ci est parfois

réduite, nous n'avons jamais observé de stérilité complète. Lorsque l'autostérilité existe, elle est identique chez les types tétraploïdes à celle des plantes diploïdes dont ils dérivent; l'entrecroisement de plusieurs mutants entre eux et plus simplement leur libre fécondation permettent d'obvier à cet accident. Tous nos mutants de 1938 ont actuellement une deuxième ou une troisième génération.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUILLET 1940.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Sur un théorème de J. A. Schouten et W. van der Kulk.* Note [1] de M. ÉLIE CARTAN.

1. J. A. Schouten et W. van der Kulk [2] ont énoncé et démontré, au moins dans des cas étendus, le théorème remarquable suivant :

Étant donné un système de q équations aux différentielles totales linéairement indépendantes de classe $q+2p$ *ou* $q+2p+1$, *il est possible de choisir les q équations du système de manière que chacune soit de classe* $2p+1$ [3].

On peut généraliser un peu ce théorème et en donner une démonstration assez simple fondée sur ma théorie des systèmes en involution, complétée par E. Kähler [4].

THÉORÈME. — *Étant donné un système de q équations de Pfaff linéairement indépendantes*

(1) $$\theta_1 = \theta_2 = \ldots = \theta_q = 0,$$

soit p le plus petit entier tel que l'on ait

(2) $$(\lambda_1\theta'_1 + \lambda_2\theta'_2 + \ldots + \lambda_q\theta'_q)^{p+1} \equiv 0 \qquad (\mathrm{mod}\ \theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q),$$

les λ_α *étant des paramètres arbitraires et les* θ'_α *désignant les dérivées exté-*

---

(1) Séance du 10 juin 1940.

(2) *Proc. Akad. Amsterdam*, 43, 1940, p. 18-31, 179-188, 453-462.

(3) La classe d'un système est le nombre minimum de variables au moyen desquelles le système peut s'écrire.

(4) *Hamburger Math. Einzelschr.*, 16, 1934.

rieures des θ_α. Dans ces conditions, il est possible de choisir les q équations du système de manière que chacune d'elles soit de classe $2p+1$.

Remarquons que la classe du système pourrait être supérieure à $q+2p+1$ et même surpasser $q+2p+1$ d'un nombre aussi grand qu'on voudrait.

La congruence (2) signifie qu'il existe une relation de la forme

$$(3) \quad \lambda_1\theta'_1+\lambda_2\theta'_2+\ldots+\lambda_q\theta'_q \equiv [\omega_1\omega_2]+\ldots+[\omega_{2p-1}\omega_{2p}] \qquad (\text{mod}\ \theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q),$$

où $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_{2p}$ forment avec $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ un système de $2p+q$ formes de Pfaff linéairement indépendantes, combinaisons linéaires des différentielles $dx_1, dx_2, \ldots, dx_n$ des n variables qui interviennent dans les équations (1); les coefficients de ces différentielles peuvent du reste dépendre de $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_q$. Les coefficients des équations $\theta_\alpha=0$ sont supposés *analytiques*.

2. Supposons, ce qui ne restreint pas la généralité, que $(\theta'_q)^p$ ne soit pas congru à zéro $(\text{mod}\ \theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q)$ et posons

$$(4) \qquad \Theta = u_1\theta_1+u_2\theta_2+\ldots+u_{q-1}\theta_{q-1}+\theta_q.$$

Formons le système différentiel aux $q-1$ fonctions inconnues $u_1, u_2, \ldots, u_{q-1}$ de $x_1, x_2, \ldots, x_n$ condensé dans l'équation

$$(5) \qquad [\Theta\Theta'^{p+1}]=0,$$

dont le premier membre est une forme différentielle extérieure de degré $2p+3$. Ce système différentiel exprime précisément que l'équation $\Theta=0$ est de classe $2p+1$ quand on y remplace les u_α par leurs valeurs en fonction des x_i. L'étude de la compatibilité de ce système revient à l'étude des éléments plans intégraux du système formé par (5) et par cette équation dérivée extérieurement

$$(6) \qquad [\Theta'^{p+2}]=0.$$

Mais tout élément intégral de (5) est automatiquement élément intégral de (6) ([5]).

Tout revient donc à l'étude des éléments intégraux de (5).

([5]) En effet l'équation (5) exprime que l'on a

$$\Theta' \equiv [\sigma_1\sigma_2]+\ldots+\sigma_{2p-1}\sigma_{2p}] \qquad (\text{mod}\ \Theta),$$

et que par suite Θ' se décompose en une somme d'au plus $p+1$ monomes quadratiques extérieurs; l'équation (6) est donc une conséquence *purement algébrique* de (5).

D'après (3), on a

$$\Theta' \equiv [\omega_1 \omega_2] + \ldots + [\omega_{2p-1}\omega_{2p}] + [\varpi_1 \theta_1] + \ldots + [\varpi_{q-1}\theta_{q-1}] \qquad (\text{mod}\,\Theta), \tag{7}$$

où ϖ_α est égal à du_α augmenté d'une combinaison linéaire des différentielles dx_i. Cette relation (7), où $\omega_1, \ldots, \omega_p, \theta_1, \ldots, \theta_{q-1}, \varpi_1, \ldots, \varpi_{q-1}$ sont des expressions de Pfaff linéairement indépendantes, montre que l'équation $\Theta = 0$, *où n regarde les variables x_i et u_α comme indépendantes*, est de la classe $2p + 2q - 1$. Nous désignerons par

$$y_1, \ y_2, \ \ldots, \ y_{2p+q}, \ v_1, \ v_2, \ \ldots, \ v_{q-1},$$

un système d'intégrales premières indépendantes de son système caractéristique

$$\omega_i = \theta_\alpha = \varpi_\alpha = \Theta = 0,$$

et nous pouvons supposer que les $q - 1$ dernières $v_1, \ldots, v_{q-1}$ sont indépendantes par rapport à $u_1, \ldots, u_{q-1}$. L'équation $\Theta = 0$ peut donc s'écrire au moyen des seules variables y_i, v_α.

Cela posé, le problème à résoudre est le suivant. *Dans l'espace à $2p + 2q - 1$ dimensions de coordonnées y_i, v_α, chercher les variétés à $2p + q$ dimensions satisfaisant au système (5) et sur lesquelles les formes différentielles $\omega_1, \ldots, \omega_{2p}, \theta_1, \ldots, \theta_{q-1}, \Theta$ sont linéairement indépendantes.*

3. Arrivons à l'étude des éléments intégraux de (5). Comme le premier membre de (5) est une forme différentielle de degré $2p + 3$, tout élément plan à $2p + 2$ dimensions est automatiquement intégral. Nous considérerons la famille $\mathcal{F}$ des éléments intégraux pour lesquels la forme $[\Theta\Theta'^p]$ n'est pas nulle, et, dans cette famille, les éléments intégraux à $2p + q$ dimensions qui n'établissent aucune relation linéaire entre les ω_i, les θ_α et Θ. On les obtient facilement en remarquant que, si l'on tient compte des équations d'un tel élément, on a nécessairement

$$\Theta' \equiv \sum_{i=1}^{i=p} \left[\left(\omega_{2i-1} - \sum_{\alpha=1}^{\alpha=q-1} b_{i\alpha}\theta_\alpha \right) \left(\omega_{2i} + \sum_{\alpha=1}^{\alpha=q-1} a_{i\alpha}\theta_\alpha \right) \right] \qquad (\text{mod}\,\Theta).$$

Il en résulte pour cet élément intégral les équations

$$\varpi_\alpha = \sum_{i=1}^{i=p} (a_{i\alpha}\omega_{2\alpha-1} + b_{i\alpha}\omega_{2i}) + \sum_{\lambda=1}^{\lambda=q-1} c_{\alpha\lambda}\theta_\lambda + c_\alpha \Theta, \tag{8}$$

où les coefficients sont assujettis aux relations

$$c_{\alpha\beta} - c_{\beta\alpha} = \sum_{i=1}^{i=p} (a_{i\alpha}b_{i\beta} - a_{i\beta}b_{i\alpha}) \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, q-1). \tag{9}$$

Chacun de ces éléments intégraux fait partie d'une chaîne *régulière* [6] d'éléments intégraux à $2p+q-1$, $2p+q-2$, ..., $2p+2$ dimensions de la famille $\mathcal{F}$; on peut la définir, par exemple, en adjoignant aux équations (8) successivement les équations

$$\theta_{q-1}=0, \qquad \theta_{q-2}=0, \qquad \ldots, \qquad \theta_2=0.$$

Le système (5) est donc en involution et comme, par l'élément intégral à $2p+q-1$ dimensions de la chaîne, il passe ∞^1 éléments intégraux à $2p+q$ dimensions, définis chacun par la valeur du coefficient $c_{q-1,q-1}$, la solution générale du système (5) dépend d'une fonction arbitraire de $2p+q$ arguments.

4. La démonstration du théorème s'achève aisément. Il suffit de choisir q solutions particulières $\Theta_{(1)}, \Theta_{(2)}, \ldots, \Theta_{(q)}$ du système (5) telles que, pour un système de valeurs initiales x_i^0 des x_i au voisinage desquelles les coefficients des équations du système (1) sont holomorphes et le système est de rang q, le système $\Theta_{(1)}=\Theta_{(2)}=\ldots=\Theta_{(q)}=0$ soit lui-même de rang q. Cela est toujours possible parce qu'on dispose à volonté, pour intégrer le système (5), des valeurs initiales des u_α. Chacune des nouvelles équations de la famille sera exactement de classe $2p+1$.

Ajoutons la remarque évidente que le théorème ne peut pas être amélioré.

AGRONOMIE. — *Nécessité d'améliorer en France les Pommiers et leur culture pour l'utilisation plus large des pommes et de leurs produits destinés à l'alimentation humaine*. Note de M. **Auguste Chevalier**.

Le Pommier est, après la Vigne, le végétal ligneux le plus cultivé en France pour la production des fruits, utilisés directement dans l'alimentation ou pour la fabrication des boissons alcooliques; mais, alors que la Vigne a été chez nous, depuis un siècle, l'objet de recherches scientifiques considérables, que sa culture a été complètement transformée, les rendements accrus, les produits améliorés, la culture du Pommier est restée routinière; elle est même en décadence en certaines régions; les variétés

(6) Cela signifie qu'à l'intérieur de la famille $\mathcal{F}$ la valeur maxima $2p+2q-h$ de la dimension de l'élément plan, lieu des éléments intégraux à $2p+h+1$ dimensions qui contiennent un élément intégral donné à $2p+h$ dimensions ($2 \leqq h \leqq q-1$) est atteinte pour l'élément intégral à $2p+h$ dimensions de la chaîne.

que nous cultivons laissent pour la plupart fort à désirer et ne répondent point à nos besoins actuels. Des produits d'une grande richesse alimentaire que divers pays retirent de la pomme sont pour ainsi dire inconnus chez nous. En retard sur la plupart des pays d'Europe et de l'Amérique en Pomologie, nous devons nous atteler au plus tôt à l'amélioration et à la rationalisation d'une culture qui présente dans l'Ouest de la France, des conditions splendides de sol et de climat et qui a pour notre pays une importance considérable.

Au lendemain de la précédente guerre, j'ai déjà appelé l'attention sur l'intérêt des recherches en Pomologie. En 1920, j'ai signalé à l'Académie ([1]), d'après les études que je venais d'effectuer, l'origine des Pommiers à cidre de Normandie et de Bretagne, cultivés en vergers et champs et produisant les 7/10^{e} du cidre français.

En 1921, j'ai publié un important travail sur l'histoire et l'amélioration des Pommiers et spécialement des Pommiers à cidre ([2]). J'y montrais l'importance de nos richesses pomologiques : la production cidrière française est d'environ 25 millions d'hectolitres par an, à peine moitié moindre que la production vinicole. La production des fruits de table est aussi fort importante. J'ai montré que nous possédons encore des variétés, les unes pour la table, les autres pour la fabrication du cidre, de premier choix, mais beaucoup de variétés sont en pleine décadence, par suite de leur multiplication par voie asexuée depuis des centaines d'années. « Les variétés anciennes d'arbres fruitiers » écrivait en 1835, Van Mons, le grand pomologiste belge « ne donnent plus que des arbres malades et des fruits mauvais. La greffe a prolongé leur existence au delà du terme que la nature leur avait accordé. Par le semis on peut refaire et améliorer encore ces variétés, mais cette régénération ne peut se faire au hasard : il y a des règles à suivre ».

Pour chaque variété il faut tenir compte de la fertilité, de la vigueur, de la rusticité, de l'adaptation au sol, de la résistance aux maladies et aux insectes nuisibles. Ce que l'on recherche aussi dans un fruit de table, c'est son aspect et sa coloration, sa taille et sa saveur, l'époque de sa maturation, enfin son degré de conservation. Pour les Pommiers à cidre, il faudrait réduire considérablement le nombre des variétés cultivées et les remplacer progressivement par des Pommiers nouveaux à fruits convenant non

([1]) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 521-523.
([2]) *Revue de Botanique appliquée*, **1**, 1921, p. 149-215.

seulement pour la fabrication de la boisson, mais aussi pouvant être consommés sur la table et pouvant servir pour la fabrication de sirops concentrés et de gelées, confitures et marmelades, c'est-à-dire des variétés à plusieurs fins.

J'ai montré que la plantation de Pommiers à plusieurs fins, dans les vergers normands et bretons dont les fruits s'écouleraient facilement dans les villes, serait pour le cultivateur une importante source de revenus et l'amènerait à fabriquer moins d'eau-de-vie de cidre, fabrication qui est une plaie pour nos paysans de l'Ouest où le fameux privilège des bouilleurs de crû, très enraciné, contribue à entretenir l'alcoolisme.

Mais la création de nouvelles variétés ou leur découverte, leur sélection, les soins à leur donner, leur greffage, la lutte contre les maladies et les insectes nuisibles demandent des recherches nombreuses de longue haleine. La France est peut-être le seul grand pays qui ne possède pas une grande station centrale pomologique, une sorte d'Institut permanent, doté d'un personnel suffisant, attaché à des recherches scientifiques, pour améliorer les arbres fruitiers. Alors que des établissements d'État puissamment dotés existent au Canada, aux États-Unis, en Nouvelle-Zélande, en Afrique du Sud et en Argentine, en France la science de la pomiculture est entre les mains de particuliers et de petits cultivateurs non encouragés qui poursuivent des recherches sur une faible échelle et sans but d'intérêt général.

Les stations pomologiques de Caen, Rouen, Rennes, les vergers de Sées, Alençon etc. pour le Pommier à cidre, ne disposent que de moyens infimes. Outre un Institut central, il faudrait, à travers toute la France, des pépinières et des vergers d'études allant jusqu'à distribuer des greffes et des plants greffés aux cultivateurs, leur donnant des indications précises basées sur les recherches scientifiques et les obligeant au besoin à modifier leurs techniques désuètes en pomiculture. De grands espoirs naquirent en 1923, à la suite de la *Semaine nationale du cidre*, tenue à Paris et à laquelle prirent part de nombreux spécialistes, agriculteurs et cidriers. Des vœux furent votés, préconisant non seulement la création de vergers d'études et de vergers modèles, confiés aux Offices régionaux et départementaux d'agriculture, mais recommandant aussi de développer au maximum les industries dérivées de la pomme et d'étudier les applications du froid et du vide à la préparation des moûts concentrés, des fruits séchés, ou à la conservation des fruits frais. Des ministres et des parlementaires promirent des réalisations, mais tout cela est resté jusqu'à ce jour lettre morte.

Au contraire, l'Institut central des recherches agronomiques, les Offices d'agriculture, les laboratoires et champs d'essais agricoles créés par les Compagnies de chemin de fer, ont été peu à peu supprimés. Les recherches scientifiques relatives à l'Agronomie et spécialement à la culture des arbres fruitiers sont pour ainsi dire inexistantes dans notre pays. Le problème est toujours discuté de savoir de quel organisme scientifique de contrôle de telles recherches doivent relever. Dans le domaine de la Pomologie (au sens strict), les problèmes à résoudre sont pourtant d'une très grande importance.

Les recherches sur l'alimentation poursuivies depuis quelques années ont montré l'utilité des fruits dans l'économie bioénergétique. La pomme, en particulier, est un aliment complet de grande valeur. Le cidre et l'alcool de cidre ne devraient être que des produits secondaires. La pomme devrait être exploitée surtout pour ses fruits frais ou conservés frais une grande partie de l'année par le froid, mangés crus ou cuits, pour les pommes séchées servant à faire des fruits tapés ou des marmelades, pour les déchets utilisés en confiturerie, pour les moûts non fermentés, pasteurisés ou concentrés fournissant des sirops très riches en sucres (glucose, lévulose et saccharose) et en matière pectiques; ils trouveront leur emploi dans la préparation de toutes sortes de gelées de fruits et d'une utilisation si générale, de pâtes de pommes et de cidres gazéifiés, sucrés et légèrement fermentés, puis de sucre de pomme. Enfin les marcs, par un traitement spécial et addition de sirop de pomme, donnent l'*appelkraut* d'usage courant en Allemagne. Nos paysans, en faisant cuire le moût de pommes mélangé à des fruits coupés, obtenaient autrefois le *pommé* ou *raisiné de pommes*, aliment délaissé aujourd'hui, mais agréable et sain.

D'après les recherches de Balland, Lindet et Warcollier etc., les pommes sèches contiennent 51,15 % de matières sucrées, 8,28 % de matières azotées, 31,67 % d'amidon et pectine, 6,96 % de cellulose, 1,60 % de cendres constituées surtout par de l'acide phosphorique. Les pommes fraîches et les moûts sont riches en vitamines A, B^1, B^2 et C, en diastases vivantes et en huiles essentielles parfumées. Le moût non fermenté renferme 10 à 15 % de sucres divers, 0,05 % de matières albuminoïdes, 0,28 % d'acide malique, 0,32 % de matières pectiques. Un litre de moût renferme, suivant les variétés 100 à 200^g de sucre fermentescible, et $0^g,5$ à 2^g de matières pectiques; 100^g de pommes tapées apportent à l'organisme 216^{cal}. C'est un produit dynamogène très utile.

Ajoutons que dans l'industrie, par l'évaporation à basse température (45°) dans des concentrateurs à vide, on peut obtenir un sirop de pommes épais si la concentration est poussée jusqu'à 35° Baumé; si la concentration se poursuit au delà de 40° Baumé le sirop devient consistant et il

peut renfermer jusqu'à 650 ou 750g de sucre total au kilogramme; il forme alors une gelée de pommes acidulée et très sucrée, fort agréable au goût. On pourrait l'employer pour sucrer quantité de mets et même le café. On conçoit de quel intérêt serait un tel produit par ces temps de disette de sucre en France.

J'ai calculé qu'en concentrant et stérilisant la moitié de la récolte annuelle de pommes en France qui, les bonnes années, fournit 25 millions d'hectolitres de cidre, on pourrait obtenir 125 millions de kilos de sucre et 300 millions de kilos de confitures, compotes ou gelées sans emploi de sucre de Betteraves. Les variétés cultivées actuellement ne donneront ces produits alimentaires qu'en qualités très ordinaires. Il est donc urgent d'améliorer notre verger français. Toutefois il ne faut pas négliger les produits dont nous disposons dès maintenant. Au moment où se dessine chez nous une dure période de sous-alimentation, il y aurait lieu de préparer en grande quantité dans les mois qui viennent des pommes coupées, séchées artificiellement au four ou au soleil, puis du raisiné de pommes, enfin utiliser les marcs pour en faire un appelkraut et préparer industriellement si possible des sirops concentrés de pommes pour remplacer le sucre de Betteraves. Le raisin séché et le moût de vin cuit ou concentré peuvent être utilisés de la même manière, quoique moins employés en confiturerie.

CORRESPONDANCE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation et spectre Raman de l'acide métatungstique*. Note [1] de Mlles **Marguerite Cordier**, **Marcelle Murgier** et **Marie Théodoresco**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour la préparation de l'acide métatungstique, nous avons essayé la méthode de Copaux employée déjà par Yeu Ki Heng [2], mais nous avons rencontré des difficultés concernant la solubilité de l'acide métatungstique dans l'éther; ces difficultés ont déjà été signalées par Rosenheim [3]. La

---

(1) Séance du 27 mai 1940.

(2) Thèse de Paris, 1936.

(3) *Zeits. anorg. Chem.*, 69, 1911, p. 247.

méthode de Péchard nous a permis au contraire de réussir à coup sûr; nous la rappelons brièvement.

On transforme, en solution étendue et à l'ébullition, le tungstate neutre de sodium en métatungstate, par addition d'une quantité convenable, un peu supérieure à la quantité théorique, d'hydrate tungstique jaune. La solution est filtrée, concentrée à l'ébullition, et additionnée à chaud de chlorure de baryum. Par refroidissement, il se forme des cristaux de métatungstate de baryum qu'on purifie par recristallisation et dont la formule est $(WO^3)^4BaO, 9H^2O$. Pour préparer l'acide, on pulvérise une certaine quantité de cristaux qu'on attaque par la quantité théorique, d'acide sulfurique, le contact étant maintenu de 15 à 30 minutes, avec agitation fréquente. Pour éliminer les traces de métatungstade de baryum dissoutes dans l'acide métatungstique, il est préférable de maintenir le mélange réagissant dans l'eau glacée. On filtre sur entonnoir Buchner. On obtient ainsi facilement une solution de concentration 0,6 M en acide métatungstique, comme le montre le dosage à la soude en présence d'hélianthine à froid. On vérifie qu'à l'ébullition, en présence de phtaléine, le dosage à la soude exige exactement quatre fois la quantité à froid; l'acide métatungstique est converti en acide tungstique normal.

A la concentration 0,6 M, l'acide métatungstique se conserve sans trouble plusieurs jours à la glacière. On peut obtenir des concentrations plus élevées; la solution de concentration 1,025 (densité 1,94) correspond à une solubilité de 100^g dans 100^g d'eau, nettement supérieure à la valeur indiquée par Soboleff ([4]).

Le spectre Raman de l'acide métatungstique (titre 0,6 env.) est analogue à ceux des métatungstates de sodium et de baryum et que l'une d'entre nous a déjà publiés ([5]).

Il s'agit donc du même cation complexe W^4O^{13--}, dont voici les raies Raman dans le cas de l'acide : 974-969 cm^{-1}; 945 cm^{-1}; 904-897-890 cm^{-1}; une bande vers 415 cm^{-1}; une bande vers 324 cm^{-1}; une bande vers 216 cm^{-1}.

L'ion complexe W^4O^{13--} est probablement formé par association de $4WO^3$, comme semble le montrer la dissociation rappelée plus haut. L'individu WO^3 présenterait donc des valences polaires dues à la déformation réciproque des atomes W et O. Certaines raies, les plus intenses probablement, lui appartiennent en propre, les autres sont vraisemblablement dues à l'ion complexe W^4O^{13--}.

([4]) *Zeits. anorg. Chem.*, **12**, 1896, p. 16.

([5]) Marie Théodoresco, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 297.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des combinaisons formées par le nitrate de thorium et les nitrates de potassium, de sodium et de lithium.* Note [1] de Mme **Cécile Braseliten**, présentée par M. Marcel Delépine.

Je me suis proposé de mettre en évidence les différentes combinaisons que peuvent former en solution concentrée le nitrate de thorium et les nitrates de sodium, de potassium et de lithium, par trois méthodes différentes :

1° Chaleurs de mélange; 2° détermination des écarts entre les densités trouvées et calculées; 3° détermination des écarts entre les indices de réfraction trouvés et calculés.

Les solutions employées sont 2N. Les résultats de ces mesures ont été consignés dans les tableaux ci-après :

Les graphiques construits avec les données précédentes (en ordonnées les chaleurs de mélange, les écarts entre les densités trouvées et calculées, les écarts entre les indices trouvés et calculés; en abscisses les compositions des mélanges) présentent :

1° pour le système $(NO^3)^4Th—NO^3Na$, deux points anguleux correspondant à l'existence de deux mélanges qui sont $2(NO^3)^4Th—NO^3Na$ et $(NO^3)^4Th—NO^3Na$.

2° pour le système $(NO^3)^4Th—NO^3K$, un maximum correspondant à $(NO^3)^4Th, NO^3K$.

3° pour le système $(NO^3)^4Th—NO^3Li$, un maximum correspondant à $2(NO^3)^4Th, NO^3Li$. La courbe des écarts de densité présente une anomalie.

A partir des solutions correspondant à ces différents composés, j'ai pu isoler à l'état de pureté $2(NO^3)^4Th, NO^3Na, 20H^2O—(NO^3)^4Th, NO^3Na, 7H^2O—(NO^3)^4Th, NO^3K, 7H^2O—2(NO^3)^4Th, NO^3Li, 20H^2O$.

La dessiccation à 40° de ces sels m'a fourni les hydrates $2(NO^3)^4Th, NO^3Na, 8H^2O—(NO^3)^4Th, NO^3Na, 2H^2O—(NO^3)^4Th, NO^3K, 1,5H^2O$. La combinaison $2(NO^3)^4Th, NO^3Li, 20H^2O$ fournit un sel basique.

A partir de 80° tous ces hydrates commencent à se décomposer avec perte de NO^3H. Aucun sel n'a pu être obtenu anhydre.

---

[1] Séance du 3 juin 1940.

Mélanges en volume		Chaleur de mélange	Densité			Indice de réfraction		
$(NO^3)^4Th$.	NO^3Na.	(temp. : 6 à 9°).	trouvée à 10°.	calculée.	écart.	trouvé à 10°.	calculé.	écart.
			Système $(NO^3)^4Th—NO^3Na$.					
cm³	cm³	cal						
30	10	69,9	1,620	1,609	+0,011	1,418	1,413	+0,005
25	15	86,9	1,537	1,526	+0,011	1,4073	1,4036	+0,0037
23,5	16,5	92,5	1,507	1,498	+0,009	1,403	1,4053	—0,0023
22,5	17,5	89,6	1,491	1,484	+0,007	1,401	1,4027	—0,0017
20	20	83,9	1,453	1,442	+0,011	1,3965	1,3942	+0,0023
18,5	21,5	87,9	1,424	1,417	+0,007	1,393	1,3948	—0,0018
17,5	22,5	85	1,406	1,401	+0,005	1,3887	3923	—0,0036
15	25	78,1	1,369	1,359	+0,010	1,385	1,3835	+0,0015
10	30	55,6	1,284	1,276	+0,008	1,3748	1,3727	+0,0021
			Système $(NO^3)^4Th—NO^3K$.					
$(NO^3)^4Th$.	NO^3K.	13 à 16°.	à 15°.			15°.		
30	10	113,1	1,604	1,611	—0,007	1,418	1,428	—0,010
25	15	142,6	1,532	1,529	+0,003	1,407	1,410	—0,003
22,5	17,5	148	1,492	1,488	+0,004	1,401	1,402	—0,001
20	20	148,8	1,454	1,447	+0,007	1,397	1,396	+0,001
17,5	22,5	141,2	1,410	1,406	+0,004	1,391	1,392	—0,001
15	25	134,3	1,370	1,365	+0,005	1,382	1,387	—0,005
10	30	100,9	1,288	1,282	+0,006	1,373	1,374	—0,001
			Système $(NO^3)^4Th—NO^3Li$.					
$(NO^3)^4Th$.	NO^3Li.	8 à 10°.	à 10°.			à 10°.		
30	10	22,4	1,569	1,569	0	1,4115	1,4165	—0,005
28,5	11,5	26,2	1,550	1,5445	+0,005	1,409	1,4145	—0,0055
26,5	13,5	28,5	1,519	1,511	+0,008	1,406	1,411	—0,005
25	15	27,2	1,487	1,4865	+0,0005	1,402	1,408	—0,006
22,5	17,5	26,8	1,442	1,4455	—0,0035	1,395	1,404	—0,009
20	20	25,95	1,4075	1,404	+0,0035	1,391	1,399	—0,008
17,5	22,5	24,6	1,380	1,363	+0,017	1,387	1,394	—0,007
15	25	22	1,3315	1,322	+0,0095	1,3815	1,3885	—0,007
10	30	17,8	1,2455	1,239	+0,0065	1,3705	1,377	—0,0065

J'ai mesuré la chaleur de dissolution des hydrates précédents. Voici les résultats obtenus :

	Cal.
$2(NO^3)^4Th, NO^3Na, 20H^2O$	— 9,20
$2(NO^3)^4Th, NO^3Na, 8H^2O$	+10,38
$(NO^3)^4Th, NO^3Na, 7H^2O$	— 7,69
$(NO^3)^4Th, NO^3Na, 2H^2O$	+ 2,95
$(NO^3)^4Th, NO^3K, 7H^2O$	— 9,69
$(NO^3)^4Th, NO^3K, 1,5H^2O$	— 0,79

HYDROLOGIE. — *Les composantes annuelle et semi-annuelle des niveaux en Finlande.* Note de M. **Vladimir Frolow**, présentée par M. Georges Perrier.

L'objet de cette Note est de fixer les caractères principaux de la répartition de la phase de la composante annuelle et de la composante semi-annuelle des niveaux des lacs et des cours d'eau de la Finlande. Les données utilisées ont été retirées des Annuaires du Bureau Hydrographique d'Helsinki pour les années 1930-1931 et 1932-1935. Les composantes ont été isolées pour 101 stations par la méthode de M. H. Labrouste.

Sur les cartes reproduites ici on a inscrit, au droit de chacune des stations étudiées, la phase de la composante envisagée réalisée en juillet 1933, en l'exprimant en centièmes de la période. Les aires où la phase de la composante semi-annuelle a été *supérieure* à 50 % (et à 40 % pour la composante annuelle) sont représentées en grisé fin. Les aires où la composante semi-annuelle a été *inférieure* à 20 % (à 10 % pour la composante annuelle) portent un grisé plus dense.

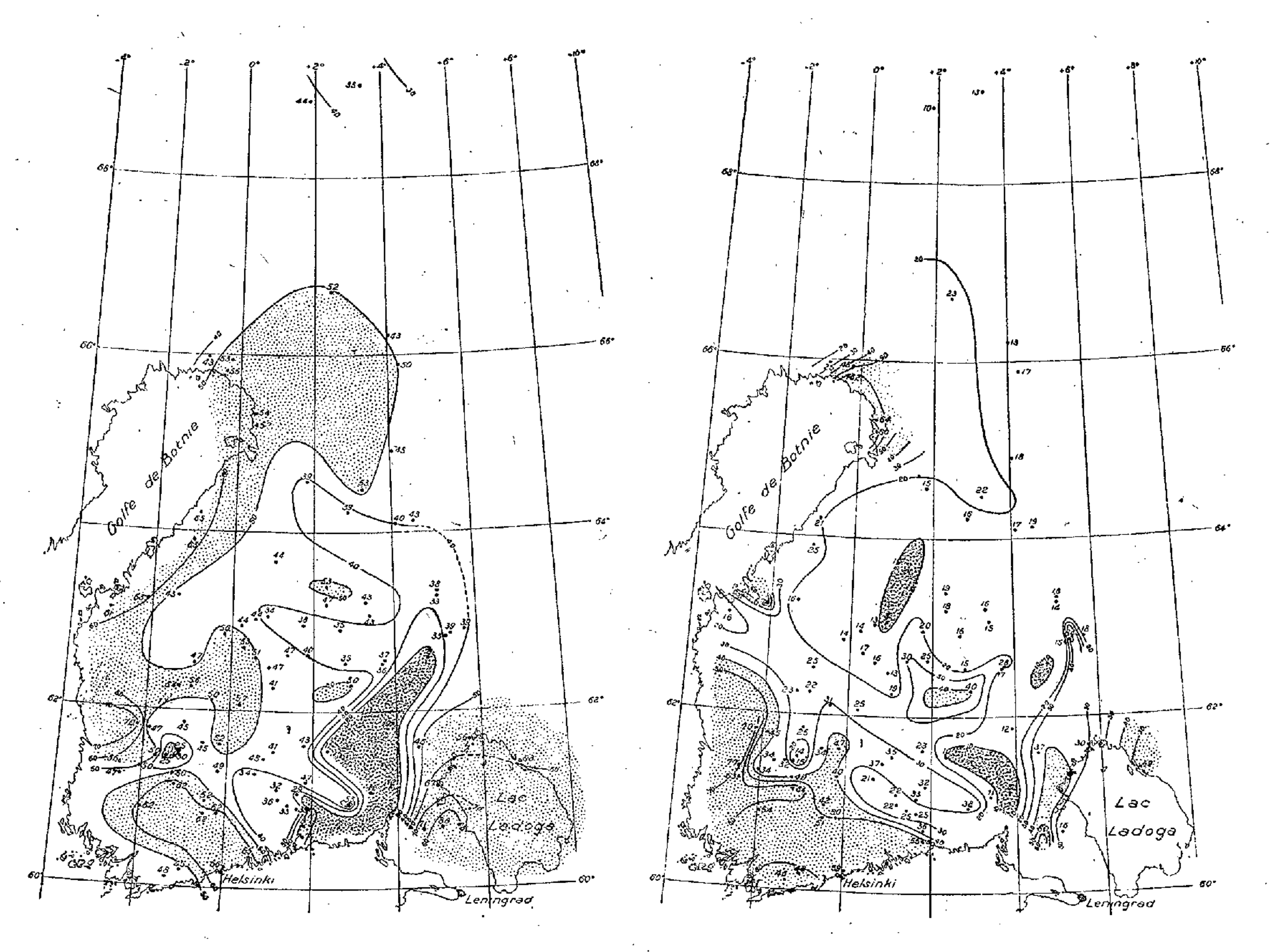
La répartition de la phase apparaît très compliquée, mais similaire dans l'ensemble, pour les deux composantes. C'est la comparaison avec les cartes des isothermes, de la répartition de l'épaisseur de la couche de neige et de l'époque de la fonte des glaces ([1]), qui en permet une interprétation. On constate que les lieux d'avance de phase des composantes des niveaux coïncident avec les régions où la température est la plus élevée au printemps. Ce sont notamment les côtes et le centre de la région lacustre. L'épaisseur de la couche de neige a une influence retardatrice sur la phase des niveaux ; il faut en particulier remarquer le centre de retard de phase de la région de Tammerfors, où il y a un maximum d'enneigement. D'autre part, le lieu de la débâcle plus précoce des lacs au nord des îles Aaland correspond à une avance de phase des composantes étudiées. De même, les lieux de la débâcle retardée de la région de Nurmes et d'Oulujärvi correspondent à un retard de phase de ces composantes.

Dans son ensemble la répartition de la phase de la composante annuelle et de son harmonique est régie en Finlande par la température et par l'efficacité de celle-ci pour la fonte des neiges et des glaces. Malgré la variabilité des températures d'année en année, les variations de phase restent en

([1]) *Atlas de Finlande*, 1910. Helsingfors, 1911. Cartes nos 16, 18 et 19.

un point, donné en général, très faibles pour l'intervalle de temps étudié (1930-1935).

Les détails de la répartition de la phase des composantes portent la marque d'autres influences encore. On peut signaler que les zones côtières d'avance de phase montrent une ressemblance avec des zones similaires



définies pour les précipitations ([2]). La valeur de l'avance de phase des composantes des niveaux relativement plus grande au nord des îles Aaland peut être en relation avec le fait de l'avance de phase des pluies.

L'écoulement lent dans la région des lacs impose de son côté un retard de phase aux composantes. Ainsi peut s'expliquer en particulier la faible valeur de la phase à l'ouest de Kotka, le long du défluent de la région lacustre.

([2]) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 521.

Nous voyons, par cet exemple, que le relief peu accusé de la Finlande n'a qu'une action secondaire, visible sur l'exutoire de la région des lacs seulement, exutoire qui écoule un volume d'eau considérablement plus grand que celui qui lui vient de son propre bassin. Aussi tous les fleuves côtiers sont anaplymiriques, mais le relief rend cataplymirique ce défluent de la région des lacs.

Par rapport aux précipitations (²), l'écoulement présente dans les régions côtières un retard de phase de la composante annuelle atteignant par endroits 80 %. Cela est dû à l'arrêt de l'alimentation en hiver, lequel introduit, par rapport à l'écoulement, une véritable saison sèche et perturbe ainsi la dépendance des composantes de l'écoulement des composantes de même période de la pluie.

Notons enfin que l'importance relative des composantes étudiées est très variable : entre 7 et 56 % pour la composante annuelle, et entre 6 et 61 % pour la composante semi-annuelle. L'orthogonalité des lignes d'égale importance relative se vérifie en Finlande, comme dans les autres contrées étudiées.

ZOOLOGIE. — *La parenté réciproque des* Pleuronectiformes *et des* Soleiformes (Teleostei Pleuronectoidea), *à la lumière de leurs affinités morphologiques*. Note (¹) de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. Louis Bouvier.

Les modalités des connexions anatomiques de la fenêtre interbranchiale, lorsquelle existe, comptent au nombre des divers caractères qui, dans la faune vivante, répartissent l'ordre des *Pleuronectoidea* en deux sous-ordres : celui des *Pleuronectiformes* (*Scophthalmidæ* et *Pleuronectidæ*, *sensu lato*) et celui des *Soleiformes* (*Achiridæ*, *Soleidæ* et *Cynoglossidæ*). Proaortique chez les premiers, cette fenêtre est réputée constamment opisthaortique, chez les seconds (²).

Or je viens de constater la situation proaortique de la fenêtre en question, chez les *Achiridæ* du genre *Catathyridium* (deux espèces). Pareille morphologie réduit certes l'importance que l'on était en droit d'accorder à cette catégorie de caractères. En revanche, s'ajoutant à la présence (constante chez les *Achiridæ*, comme chez les *Pleuronectidæ*

(¹) Séance du 8 juillet 1940.

(²) P. Chabanaud, *Mém. Inst. Égypte*, 32, 1937, p. 8-42; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2014.

typiques) des ptérosphénoïdes et à celle du sillon tégumentaire margino-préoperculaire (sillon inexistant chez les *Soleidæ* et les *Cynoglossidæ*, mais très apparent chez tous les *Pleuronectiformes*) la situation proaortique de la fenêtre interbranchiale des *Catathyridium* témoigne surabondamment d'une parenté plus étroite entre les *Achiridæ* et les *Pleuronectidæ* qu'entre les *Soleidæ* et ces mêmes *Pleuronectidæ*.

Pleuronectidæ (*sensu* Norman 1934), *Achiridæ* et *Soleidæ* sont dextres. Chez les uns comme chez les autres, les écailles pleurogrammiques se réduisent à un pholidoplaxe subtriangulaire, perforé par le diverticule du canal sensoriel (morphologie qui, en dehors de l'ordre des *Pleuronectoidea*, se retrouve dans celui également dyssymétrique des *Psettodoidea*, ainsi que chez quantité de Percoïdes typiques, les *Sparidæ* entre autres).

Les *Cynoglossidæ* sont sénestres, à l'instar des *Scophthalmidæ*. Dans ces deux familles, les écailles pleurogrammiques, lorsqu'elles font partie d'une pholidose cténoïde, s'adornent de spinules, de part et d'autre de l'orifice terminal de la tubulure ([3]) et, parmi les *Cynoglossidæ*, rares sont les espèces (e. c. *Cynoglossus senegalensis* Kaup) dont les écailles en question se différencient à la façon de celles des *Soleiformes* dextres.

Eu égard à l'atrophie partielle des écailles de tous les *Pleuronectoidea* dextres, la structure des écailles pleurogrammiques des formes sénestres n'est rien d'autre qu'une moindre différenciation de ces phanères.

D'autre part, dans l'ensemble des *Pleuronectoidea* (comme d'ailleurs chez les *Psettodoidea*) que les familles soient typiquement dextres ou sénestres, les individus normaux ou inversés, l'estomac et l'intestin se replient invariablement à droite du foie; en harmonie avec cette disposition, l'artère cœliaco-mésentérique appartient constamment à l'hémisome droit. Nécessairement, les éléments somatiques et les éléments splanchniques se trouvent en rapport différent, selon que l'organisme est dextre ou sénestre. Ce pourrait être la cause de ce fait que, riches d'une quantité pratiquement similaire d'espèces, les formes sénestres le cèdent cependant aux formes dextres, sous le rapport de la profondeur de leur différenciation morphologique. Cette différence trouve son expression dans l'inégale complexité de la classification de ces deux ensembles de formes : alors que les types sénestres se répartissent naturellement en deux familles homogènes, celle

---

([3]) P. Chabanaud, *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 35, 1935, fig. 1, 2, 20, 21 et 26. Id. *in Missions A. Gruvel dans le canal de Zuez*, 2, *Poissons*, fig. 6 et 10 (*Mém. Inst. Égypte*, 35, 1937).

des *Scophthalmidæ* (*Bothidæ* Norman) et celle des *Cynoglossidæ*, la classification des types dextres comporte une longue série de familles et de sous-familles, qu'en vue de la clarté de ce rapide exposé, j'ai résumée en ne mentionnant que les *Pleuronectidæ* (y compris les *Brachypleuridæ*, les *Pœcilopsettidæ*, les *Samaridæ* et les *Rhombosoleidæ*), les *Achiridæ* et les *Soleidæ*.

Compte tenu de la quantité et de l'importance des caractères morphologiques qui opposent les *Soleiformes* aux *Pleuronectiformes*, notamment en ce qui concerne la chiasma opticum, ce qui a été dit au début de cette Note ne permet cependant pas d'accorder d'autre valeur à la concordance (dextre ou sénestre) de la version somatique que celle d'une pure convergence.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séances des 8, 15 et 22 juillet 1940.)

Note de MM. *Marc Simonet*, *Robert Chopinet* et M^lle^ *Françoise Armenzoni*, Sur l'apparition des mutations tétraploïdes chez l'Aubergine, le Piment, le Rutabaga, le Soja, la Betterave et la Poirée, après application de colchicine :

Page 18, *au lieu de* Mlle Françoise, *lire* Mlle Félicie; ligne 13 en remontant, *au lieu de* de la colchicine, *lire* de colchicine.

Page 19, ligne 1, *au lieu de* Poirée suisse et Poirée verte, *lire*. Poirée suisse, Poirée blonde et Poirée verte; ligne 5, *au lieu de* 30 %, *lire* 3 %; ligne 11, *au lieu de* 6 Betteraves, 4 Poirées, *lire* 12 Betteraves, 8 Poirées; lignes 13 et 14, *au lieu de* est un moyen d'analyse beaucoup plus sûr, le volume des grains étant, *lire* est un premier moyen d'analyse très sûr, le volume des grains des tétraploïdes étant; ligne 21, *au lieu de* qui traduisent, *lire* qui conduisent.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AOUT 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** a le regret d'annoncer à l'Académie la mort de M. **J.-L. Breton**, Membre libre, survenue à Bellevue, le 2 août 1940; en la prochaine séance seront rappelés sa vie et ses principaux travaux.

LITHOLOGIE. — *Les caractéristiques des laves des îles situées au sud de l'Équateur, formant la limite du domaine circumpacifique dans la région des Nouvelles-Hébrides et de la fosse Tonga-Kermadec* Note (1) de M. **Alfred Lacroix.**

La découverte fort imprévue faite, en 1898, de roches grenues à néphéline accompagnant les laves à facies basaltique de Tahiti, a été le point de départ de nombreuses recherches sur la lithologie des volcans de l'Océan Pacifique; elles ont toutes démontré que, contrairement aux idées admises jusqu'alors, les laves *intrapacifiques* sont nettement différentes de celles des volcans de la ceinture *circumpacifique*. Dès le début, je me suis attaché à l'étude de ces roches intrapacifiques, en me limitant aux îles situées au sud de l'Équateur et dont un grand nombre sont des possessions françaises (2).

---

(1) Séance du 22 juillet 1940.

(2) A. Lacroix, *Nouvelles Archives Mus. hist. nat.*, 4, 1902, p. 133; *Bull. Soc. géol. France*, 4e série, 4, 1910, p. 91-124; *Mém. Ac. Sc.*, 59, 1927, p. 1-82; Clipperton, *Iles de Pâques et Pitcairn. Esquisse lithologique* (*Ann. Institut océanogr.*, Paris, 18, fasc. 4, 1939), avec bibliographie d'autres notes et notamment de celles de nombreux travaux étrangers.

La limite occidentale de cette vaste partie du grand océan est une ligne NW-SE, longeant les îles de la Mélanaisie (Iles de l'Amirauté, Salomon, Santa Cruz, Nouvelles-Hébrides, Fiji, etc.), puis, prenant ensuite une direction SW qui suit la grande fosse Tonga-Kermadec.

Les nombreuses îles situées au delà de cette frontière ne sont plus des îles océaniques, mais des débris d'une zone continentale effondrée jadis rattachée à l'Australie. Certaines d'entre elles, en effet, renferment plus ou moins de roches continentales [schistes cristallins, roches intrusives anciennes (granites, etc.)] servant de substratum, émergé ou immergé, à des volcans d'âge tertiaire ou plus récent; un petit nombre de ceux-ci sont encore en activité, aux Nouvelles-Hébrides en particulier.

Les géologues qui ont étudié cette vaste région ont bien noté la parenté que ses laves présentent avec celles de la ceinture circumpacifique, c'est-à-dire leur caractère andésitique ou basaltique, mais ces constatations, d'ailleurs peu développées, ont été basées uniquement sur la composition minéralogique accompagnée seulement de cinq analyses chimiques; il importait donc de combler une telle lacune à l'aide de précisions se rapprochant, même de loin en nombre, de celles réunies aujourd'hui sur les roches intrapacifiques.

A l'aide de documents conservés dans les collections du Muséum national d'Histoire naturelle [expédition de Dumont d'Urville (1828) à la recherche des traces du naufrage de Lapérouse (1788), Dr Joly (1904), Kowalski (1913), MM. Leenhardt, P. de Chartier de Sedouy (1939), et surtout Aubert de La Rüe], j'ai entrepris cette tâche. L'analyse de 46 échantillons particulièrement typiques et frais a été confiée à M. Raoult

Les circonstances actuelles ne permettant pas la publication immédiate de ces analyses et des descriptions minéralogiques qui les accompagnent, je me contenterai de résumer leurs résultats dans la présente Note. Les explorations de ces îles n'ayant été que des prospections rapides, et par suite incomplètes, il m'a paru opportun de ne pas considérer individuellement la composition de chacune d'elles, mais de faire un bloc de l'ensemble des types lithologiques rencontrés qui est suffisamment démonstratif. Ne pouvant multiplier outre mesure le nombre des analyses, j'ai laissé de côté certaines îles dont les roches sont notoirement identiques à celles des îles suivantes : Iles Vanikoro; Futuna; Wallis (Uvea); Niaoufou; archipel Tonga (Falcon); archipel Banks (Vauna Lava); archipel des Nouvelles-Hébrides (Santo, Maevo, Mallicolo, Pentecôte, Tangoa, Nguna, Emae, Mau, Ambrym, Lopevi, Paama, Aoba, Vaté, Leleppa, Tanna, Erromango, Anatom); archipel Loyalty (Maré).

Les laves les plus caractéristiques sont celles qui ont été appelées *andésites* par les auteurs précédents, mais qui, pour la plupart, sont des *dacitoïdes*, avec fréquents passages à de véritables andésites; sans exception, toutes renferment plus ou moins de silice libre potentielle. Aux dacitoïdes j'ai joint des *diorites* (dolérites) quartziques de composition voisine, puis deux roches exceptionnelles (*rhyolitoïde* et *trachyte*) trouvées dans deux îles seulement.

Les *basaltes* rivalisent en abondance avec les roches dacitiques et, eux aussi, renferment fréquemment de la silice libre potentielle, et plus rarement accusent un faible déficit de silice.

Dans le tableau ci-dessous sont donnés les paramètres magmatiques, déduits de chacune des analyses chimiques, le pourcentage de la silice libre, la teneur pour cent de l'anorthite contenue dans le plagioclase moyen, et enfin (Σ_b) la teneur en barylites.

Iles.		SiO^2 libre.	An %.	Σb.
	Dacites (dacitoïdes).			
I. Leleppa	I(II).4.2'.'4[(2)3.1.1.3']	16,86	27	9,4
Épi	'II.4.(2)3.'4[2.1.2.4]	18,06	34	16,6
Falcon (ponce)	II.3(4).3'.4'[(1)2.1.2.4]	27,84	45	25,3
Mallicolo	(I)II.4(5).3.4[3.1.3.'4]	12,72	45	14,7
Santo (dacitoïde à hornblende)	I'.4.3.4[3.1.2.'4]	27,42	37	7,7
	(I)II.4.3.3'[3.1.2(3).3(4)]	17,94	47	13,6
I. Épi	II.4'.3'.'4['2.1.2.3]	11,76	52	27,1
Vauna Lava	II.4'.(3)4.4[2.1.2.'3]	12,36	56	28,4
Erromango	II.4(5).(3)4.4[2.1.2.3]	10,14	56	24,7
Mallicolo (dacite à hornblende)	(I)II.4.(3)(4).4[2.1.(1)2.3]	20,58	52	13,3
Anatom (dacitoïde à hornblende)	II.4.(3)4.4[2'.1.2.'3]	16,74	56	18,9
Pentecôte (dolérite)	II.(3)4.4.'5[1'.1.3.2]	28,08	63	22,7
	Diorites (dolérites) quartziques.			
I. Épi	(I)II.4.2.4[2.1.2.4]	18,00	23	13,9
Tanna (micro-akérite)	(I)II.4'.2.4['3.1.(1)2.3]	14,22	21	15,1
» (microtinite)	'II.4(5).1(2).3(4)[(2)3.1.2.(3)4]	12,18	10	18,1

Iles.		SiO² libre.	An %.	Σb:
	Andésites (α).			
I. Tanna	II.(4)5.2.'4[2.1.2.'4]	8,70	18	20,2
	II.'5.2.(3)4['2.1.2.(3)(4)]	6,30	25	24,1
Tanna (Yasowa)	II.5.3.4[2'.1.2.3]	1,50	45	23,8
» (obsidienne)	II.5.3.4[2.1.2.3']	2,82	45	25,0
Épi	II.(4)5.(2)3.4[2.1.2.3']	7,48	32	24,7
Mallicolo	II.(4)5.3(4).4[2.1.2.3]	8,76	50	26,7
Anatom	II.(4)5.4.4[2.1.(1)2.3]	9,06	66	21,7
Vanua Lava	II'.5.4.4[2.1.2.3]	2,76	65	33,5
Nguna	II(III).5.4.4[2'.1.2'.3]	3,30	63	36,9
Mau	II.5.4(5).4[2.1.'2.3]	4,08	80	29,5
	Rhyolitoïdes.			
I. Vaté (ponce)	I'.4'.'2.3'	16,74	16	7,8
» (perlite)	I'.4.2.3	19,14	24	8,9
	Trachyte.			
I. Tanna	I'.5.'2.(3)4	0,24	14	6,4
	Sakalavites et basaltes (α).			
I. Niouafou	III.5.3.(4)5.[(1)2.1.2'.(2)3]	1,08	46	53,7
Futuna (passage de dacitoïde à sakalavite)	II(III).4'.4.4(5)[(1)2.1.2.3]	10,14	60	34,9
Futuna (sakalavite passant à basalte)	(II)III.4(5).4.4(5)[(1)2.1.2.2(3)]	7,8	70	39,4
Futuna	III.5.4.(4)5['2.1.2.2]	2,52	59	43,8
Erromango	(II)III.(4)5.4.4[2.1.2.(2)3]	6,66	64	40,1
»	'III.(4)5.4.4[2.1.2.(2)3]	5,58	62	40,9
»	III.5.4.4'[(1)2.1.2.2]	0,78	73	50,3
Ambrym (Benbow)	(II)III.'5.3'.(3)(4)[2.1.2.3]	4,08	60	38,0
Aoba	'III.5.3(4).4[2.1.2.2(3)]	0,78	50	42,8
Pentecôte (dolérite)	'III.3.(3)4.4['2.1.2.2(3)]	1,68	51	41,8
	Basaltes (β).	Né		
I. Tanna (doléritique)	(II)III.5.3.4[(1)2.1.2.'3]	»	38	38,2
Maré (Rawa)	III.5.3.4[2'.1(2).2(3).3']	2,56	41	50,0
» (Rawa)	(II)III.5.3(4).4[2.2'.2.'3]	0,78	53	39,2
» (Péorawa)	III.5.3(4).4'[2.2(3).2.2']	»	50	47,5
Vaté	'III.5.4'.4[2.1'.'2.2']	»	78	42,2
Anatom	III.5.4(3)4.[(1)2.'2.2.2]	»	77	51,9
Vanikoro	III.5.4.4'[2.'2.2.2(3)]	»	65	49,9
Uvea	III.5.(3)4.4['2.3.2.2]	0,71	55	49,3
Aoba (pass. à ankaramite)	III(IV).5.3(4).4[1(2).(2)3.2.2]	1,35	56	59,6
Tanna (luscladite)	III(IV).5(6).3.'4[2.'3.2.2]	4,75	51	59,2

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Champs réels et champs complexes en théorie électromagnétique quantique du rayonnement.* Note (¹) de M. **Louis de Broglie.**

Dans la théorie des phénomènes électromagnétiques usuellement observés à notre échelle, on a toujours représenté le champ électromagnétique à l'aide des deux vecteurs classiques $\vec{E}$ et $\vec{H}$ dont les composantes sont exprimées par des fonctions *réelles* des coordonnées et du temps : le caractère réel de ces champs paraît d'ailleurs être imposé par leur signification physique. Cependant dans les théories quantiques du champ électromagnétique qui seules peuvent décrire avec exactitude la structure et les actions quantifiées de ce champ telles qu'elles se révèlent à l'échelle atomique, on a été amené peu à peu à représenter les vecteurs $\vec{E}$ et $\vec{H}$ par des fonctions complexes. D'une façon plus précise, si F_r est la fonction réelle qui dans la théorie ordinaire représenterait une composante de champ, cette composante sera représentée dans la théorie quantique par la grandeur complexe F telle que

$$F_r = F + F^*. \tag{1}$$

Comment peut-on concilier cette représentation complexe des champs, qui paraît nécessaire à l'échelle microscopique, avec le caractère réel qu'il faut certainement attribuer aux mêmes champs pour la description des phénomènes macroscopiques?

Pour répondre à cette question, il faut d'abord se demander ce que l'on doit considérer comme étant un *phénomène électromagnétique macroscopique*, correctement représenté par les formes classiques de la théorie de Maxwell. La réponse est immédiatement suggérée par le point de vue de correspondance : une onde macroscopique correctement représentée par les formes classiques doit être une onde à très grand nombre de quanta. Dans ces conditions, les interactions entre l'onde et une charge électrique ne modifieront pas sensiblement l'état de l'onde. D'autre part les processus d'absorption d'énergie par l'électron aux dépens de l'onde et les processus inverses d'émission d'énergie par l'électron au profit de l'onde doivent intervenir en moyenne avec une égale importance. Dans la théorie quantique les premiers sont représentés par les champs électromagnétiques

(¹) Séance du 29 juillet 1940.

complexes avec exponentielles à exposant positif de la forme $e^{i[kct-\vec{k}\vec{r}]}$ et les seconds par les champs complexes avec exponentielles à exposants négatifs conjuguées des précédentes. Comme les deux genres de processus interviennent avec une égale intensité dans les actions globales que l'onde exerce sur la charge électrique, il apparaît comme naturel que cette action globale s'exprime par un champ électromagnétique où figurent symétriquement les deux exponentielles conjuguées, c'est-à-dire par un champ sinusoïdal réel. Et, comme en théorie quantique, on ramène tout phénomène électromagnétique à l'étude des superpositions d'ondes planes, on conçoit que, si le passage des champs complexes aux champs réels est expliqué dans le cas de l'onde plane, il est aussi expliqué pour tout phénomène électromagnétique.

Nous allons préciser l'explication précédente en employant le langage de la Mécanique ondulatoire du photon ([2]). Considérons un électron plongé dans une onde électromagnétique plane et monochromatique, correspondant à un vecteur de propagation $\vec{k}$ et comprenant un très grand nombre de photons. Nous devons toujours tenir compte de la présence d'un nombre pratiquement infini de photons dans l'état d'annihilation et, pour cette raison, nous écrirons l'onde Φ des photons sous la forme

$$\Phi = \Phi^{(0)} + \Phi_{\vec{k}}(x, y, z, t), \tag{2}$$

où $\Phi^{(0)}$ est la fonction invariante représentant l'état d'annihilation du photon et $\Phi_{\vec{k}}$ la fonction représentant l'onde plane de vecteur $\vec{k}$. Comme par hypothèse l'interaction entre l'onde et l'électron ne modifie pas sensiblement l'onde, on peut admettre que l'on a

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial \Phi}{\partial t} = \mathcal{H}\Phi, \tag{3}$$

où $\mathcal{H}$ est l'hamiltonien du photon, tout comme s'il n'y avait pas d'électron présent.

L'équation d'ondes du système électron + photon est, d'une façon générale,

$$\begin{aligned} &\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}\frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2}\Psi(\vec{R})\Phi(\vec{r}) \\ &\quad = \left\{ H_D\frac{\mathcal{A}_1+\mathcal{B}_4}{2} + \mathcal{H} - Ke\left[\frac{\mathcal{A}_4-\mathcal{B}_4}{2}\times 1 - \left(\vec{\alpha}\frac{\vec{\mathcal{B}}\mathcal{A}_4-\vec{\mathcal{A}}\mathcal{B}_4}{2}\right)\right]\delta(\vec{R}-\vec{r})\right\} \\ &\quad\quad \times \Psi(\vec{R})\Phi(\vec{r}), \end{aligned} \tag{4}$$

([2]) Pour le sens des notions employées ci-après, on se reportera à l'ouvrage de l'auteur, *La Mécanique ondulatoire du photon, une nouvelle théorie de la Lumière*, 1, Paris, 1940.

H_D étant l'hamiltonien de Dirac pour l'électron libre et Ψ sa fonction d'onde.

En vertu de (3), l'équation (4) se réduit à

$$(5)\quad \frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2}\Phi\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi}{\partial t}$$
$$=\frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2}\Phi H_D\Psi - Ke\left[\frac{\mathcal{A}_4-\mathcal{B}_4}{2}\times 1-\left(\vec{\alpha}\frac{\vec{\mathcal{B}}\mathcal{A}_4-\vec{\mathcal{A}}\mathcal{B}_4}{2}\right)\right]\delta(\vec{R}-\vec{r})\Psi\Phi.$$

Multiplions par Φ^* et intégrons sur x, y, z en admettant la formule de normalisation ([3])

$$(6)\qquad \int\Phi^*\frac{\mathcal{A}_4+\mathcal{B}_4}{2}\Phi\,dx\,dy\,dz=1.$$

Il vient alors

$$(7)\qquad \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi}{\partial t}=H_D\Psi-e\int\Phi^* K\left[\frac{\mathcal{A}_4-\mathcal{B}_4}{2}\times 1-\left(\vec{\alpha}\frac{\vec{\mathcal{B}}\mathcal{A}_4-\vec{\mathcal{A}}\mathcal{B}_4}{2}\right)\right]$$
$$\times\,\delta(\vec{R}-\vec{r})\Phi\,dx\,dy\,dz\,\Psi.$$

Remplaçons dans (7) Φ et Φ^* par leurs expressions tirées de (2). On vérifie aisément que les termes provenant de la combinaison de $\Phi^{(0)}$ avec $\Phi^{(0)}$ et de la combinaison de Φ_k^* avec Φ_k^* sont nuls. Quant aux termes provenant de la combinaison de $\Phi^{(0)}$ avec Φ_k^* et de Φ_k^* avec $\Phi^{(0)}$, ils sont imaginaires conjugués.

En posant

$$(8)\qquad V_r=V+V^*,\qquad \vec{A}_r=\vec{A}+\vec{A}^*,$$

où V et $\vec{A}$ sont les potentiels complexes définis par la Mécanique ondulatoire du photon, on obtient finalement

$$(9)\qquad \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi}{\partial t}=H_D\Psi-e\left[V_r.1+(\vec{\alpha}.\vec{A}_r)\right]\Psi.$$

Or c'est là l'équation de Dirac pour un électron placé dans un champ électromagnétique dérivant des potentiels réels V_r et $\vec{A}_r$ définis conformément au schéma (1). On sait que, lorsque les approximations de l'optique géométrique sont valables, cette équation ramène à l'ancienne Mécanique de l'électron, considéré comme un corpuscule ponctuel.

([3]) L'équation (6) comporte ici des difficultés bien connues de ceux qui ont approfondi la Mécanique ondulatoire du photon, difficultés sur lesquelles nous passons sans insister.

Ainsi nous avons bien montré qu'une charge électrique, quand elle se trouve en présence d'une onde électromagnétique contenant un nombre considérable de quanta et par suite pratiquement insensible aux réactions de l'électron, se comporte comme si l'onde exerçait sur elle le champ *réel* employé par les théories classiques. Notre raisonnement, dont certains points pourraient être approfondis ou améliorés, nous semble faire apparaître la raison qui justifie l'emploi des champs réels pour l'étude des phénomènes électromagnétiques macroscopiques, malgré le caractère essentiellement complexe des champs microscopiques. En particulier, la description du champ électromagnétique par des fonctions réelles paraît ainsi entièrement justifiée dans le domaine des ondes hertziennes où, les quanta étant très petits même pour les ondes très courtes, toute onde ayant une énergie appréciable comporte un nombre énorme de quanta.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La matière uronique de la moelle d'*Helianthus. Note de M. **Henri Colin** et M^lle^ **Simone Lemoyne**.

Une fois élucidée, grâce aux travaux de F. Ehrlich, la constitution de la pectine de Betterave, on admit un peu vite que telle devait être, dans la plupart des végétaux, la nature des *matières pectiques*. Un examen plus approfondi montre au contraire que la diversité des membranes cellulaires tient principalement à ces matières, et cela non seulement dans les tissus de gélification facile, mais dans ceux qu'on prendrait à première vue pour de la cellulose presque pure, comme la moelle des plantes.

Notre attention a été attirée là-dessus par quelques espèces à moelle abondante, les *Helianthus* spécialement qui nous intéressent de longue date pour d'autres raisons. Lorsqu'on traite par HCl 18 °/₀, à l'ébullition, la moelle si délicate de Soleil annuel, on n'est pas médiocrement surpris d'observer un dégagement de CO^2 allant de 8 à 10 °/₀ du sec. La pectine classique à 20 °/₀ d'arabane et 80 °/₀ de pectate calco-magnésien n'en peut donner que 12 °/₀. A-t-on l'idée d'une membrane végétale qui serait de pectine presque exclusivement.

Il n'est pas douteux que l'acide carbonique dégagé ne provienne des membranes, les contenus cellulaires étant résorbés dans la moelle prélevée en hiver alors que le pourcentage d'azote n'est plus que de 0,8 %. Les matières minérales, il est vrai, persistent en grande partie, l'incinération laissant 20 % de cendres carbonatées, mais aucune de ces matières n'influe

sur le chiffre de décarboxylation, les nitrates exceptés, du fait de leur action sur la cellulose [1]. L'erreur qui résulte de là est de 1,5 % environ dans nos expériences. Il est facile de l'éliminer en déminéralisant la moelle, à froid, par HCl à 1 %. Le taux de CO^2 reste à peu près le même, égal à 10 % en moyenne, bien que la matière sèche ait augmenté d'un quart, mais l'erreur par excès provenant des nitrates est supprimée.

La moelle de Soleil n'étant pas lignifiée, le dégagement de gaz carbonique ne peut être imputé qu'aux acides uroniques dont la proportion approcherait ainsi de 50 %. Il n'est point de membrane pecto-cellulosique qui en renferme autant; la moelle d'*Helianthus annuus* n'est certainement pas de ce type, sa teneur en alcool méthylique et en furfurol achève de le démontrer.

Dans la pectine classique de Betterave et dans le pectate lui-même on trouve deux molécules d'alcool méthylique, dosé par le procédé de Zeisel, pour quatre de gaz carbonique dégagé lors de la décarboxylation. Dans la moelle de Soleil annuel la proportion est tout au plus de une à cinq.

Pour ce qui est du furfurol le rendement est de 8 à 10 % de moelle, peu supérieur à ce que l'on pouvait attendre de la teneur en acides uroniques évaluée d'après le chiffre de décarboxylation. Les membranes pecto-cellulosiques, au contraire, soumises à l'action de HCl, donnent deux fois plus de furfurol que n'en comporte le dégagement de CO^2; cela tient à l'arabinose et à l'arabane de la pectine, bien plus furfurogènes que les acides uroniques.

De toute évidence les produits uroniques présents dans la moelle en telle proportion ne sont pas, en majeure partie du moins, de nature pectique. Nous avons essayé de les libérer par les procédés classiques, traitements à l'eau chaude, à l'eau sous pression, aux acides à diverses concentrations, aux alcalis, aux diastases.

L'eau bouillante est sans grande efficacité : au bout d'une heure le liquide ne donne que faiblement les réactions des acides uroniques. A l'autoclave à 120° le résultat est plus appréciable, la moelle perd 10 à 15 % de son poids, le milieu devient réducteur et dextrogyre. On y retrouve le dixième, pour le moins, des acides uroniques, mais sous forme complexe, d'où la valeur très grande du rapport $100\alpha : pl$, p étant évalué en glucose par réduction. Il semblerait qu'on n'eût qu'à élever la pression pour solubiliser la totalité des produits uroniques, mais alors il s'en

(1) *Bull. Chim. Sucr.*, 56, 1939, p. 385.

détruit autant qu'il s'en détache. A 6^{kg}, après 1 heure et demie, la perte de poids de la moelle est de 50 % et le résidu, visqueux, brunâtre, ne décarboxyle presque plus; le liquide est foncé, acide au tournesol, bien moins dextrogyre que précédemment, le quotient 100 $\alpha : pl$ n'atteignant pas 100°; le chiffre de CO^2 correspond à peine à la dixième partie des acides uroniques de la prise d'essai. Ceux-ci ont donc été détériorés, comme cela se passe pour la pectine traitée de la même façon; dans un cas comme dans l'autre il y a du furfurol dans le milieu.

La moelle de Soleil se dissout à froid, sans charbonner, dans SO^4H^2 concentré; la liqueur étendue d'eau réagit comme les acides uroniques à la naphtorésorcine; elle est fortement dextrogyre, mais à peine réductrice; elle le devient rapidement à chaud en même temps que la rotation diminue; la moitié de la matière initiale est alors transformée en glucides réducteurs. Sans doute aucun l'acidité a libéré un complexe uronique qu'une hydrolyse ultérieure achève de disloquer. C'est ce complexe qui se détache lorsqu'on attaque la moelle par les acides étendus; en un quart d'heure à 120°, dans l'acide sulfurique 0,5 N, la moelle perd la moitié de son poids et les trois quarts de ses produits uroniques dont les dernières traces ne se laissent pas facilement séparer de la cellulose résiduelle. Le liquide est dextrogyre, faiblement réducteur; chauffé il le devient davantage tandis que la rotation ne fait que baisser. L'hydrolyse toutefois ne va pas sans destruction partielle du produit qui en résulte, l'acide galacturonique.

Le complexe uronique peut être solubilisé également, puis disloqué, par voie diastasique, au moyen du suc hépato-pancréatique d'*Helix*. En cinq jours, à la température ordinaire, 2^g,4 de moelle déminéralisée mis en suspension dans une liqueur à 0^g,5 % de suc diastasique ont subi une perte de poids de 10 % dont la majeure partie se trouve sous forme de glucides réducteurs. Le pH, primitivement de 6, est tombé à 3,6, le milieu donne fortement la réaction de l'acide galacturonique, le rapport 100 α : pl, d'abord voisin de + 140°, s'abaisse à mesure que le complexe uronique s'hydrolyse. A la longue l'équilibre tend à s'établir entre la moelle et la solution; pour pousser plus loin la solubilisation des matières uroniques il faut renouveler la liqueur diastasique.

Les solutions assez concentrées de potasse ou de soude dissolvent, elles aussi, les matières uroniques de la moelle qui leur cède en quelques jours, à la température ordinaire, la moitié de son poids. Les liqueurs, d'un jaune d'or comme celles d'oxycellulose, sont dextrogyres, non réductrices et donnent, après hydrolyse, la réaction de l'acide galacturonique.

La partie non cellulosique de la moelle d'*Helianthus annuus* est donc constituée par un complexe galacturonique beaucoup plus simple et plus riche en CO^2 que la pectine classique. La proportion élevée de calcium est en rapport avec le nombre des carboxyles.

Il s'en faut d'ailleurs que ce type de membrane se rencontre dans toutes les plantes du même groupe. Chez *Helianthus tuberosus*, pour ne citer qu'un exemple, la moelle est superficiellement lignifiée, plus furfurogène que la précédente ; elle dégage moitié moins de CO^2, mais le triple d'alcool méthylique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations de Fredholm dont le noyau est fonction holomorphe d'un paramètre; équations analogues où figurent des intégrales principales.* Note de M. **Georges Giraud**.

1. Considérons l'opération linéaire

$$J_\lambda u(X) = u(X) - \int_U^{(m)} G(X, A; \lambda)\, u(A)\, dV_A,$$

où G est holomorphe par rapport à λ dans un domaine D et, quand λ est fixe, remplit par rapport aux deux points X et A les conditions énoncées dans un travail antérieur (¹). Pour toute valeur de λ il existe un noyau résolvant, au sens ordinaire ou au sens élargi; il peut être choisi de façon à être méromorphe par rapport à λ et à remplir certaines conditions moyennant lesquelles s'étend le théorème de Fredholm relatif aux pôles du noyau résolvant, comme il va être expliqué.

Soit k le nombre minimum des solutions linéairement distinctes de l'équation $J_\lambda u = 0$ quand λ varie dans D, et soit λ_0 un point donné de D. Si k n'est pas nul, on peut trouver k fonctions $u_\beta(X; \lambda)$ $(\beta = 1, \ldots, k)$ holomorphes et linéairement distinctes en λ_0 et telles qu'on ait $J_\lambda u(X; \lambda) = 0$ dans tout un voisinage de λ_0. En outre on peut construire k fonctions $\rho_\beta(X; \lambda)$ holomorphes en λ_0 et telles qu'on ait dans tout un voisinage de λ_0

$$(1) \qquad (\beta - \gamma) \int u_\gamma \rho_\beta \, dV = 0, \qquad \int u_\beta \rho_\beta \, dV = 1 \quad (^2).$$

(¹) *Bull. Sciences math.*, 61, 1937, p. 172-192, 200-208 et 288. Comme là, on peut remplacer ici dV par $\chi\, dV$, où la fonction donnée χ n'est pas bornée.

(²) *Ann. scient. Éc. Norm.*, 56, 1939, p. 119-172, spécialement §§ 8-12.

Soit K_λ l'opération associée à J_λ; soient $v_\beta(X;\lambda)$ k solutions linéairement distinctes de $K_\lambda v = 0$, ces fonctions v_β étant holomorphes en λ_0; soient enfin $\sigma_\beta(X;\lambda)$ des fonctions analogues aux ρ_β, mais relatives aux v_β. Alors les $k+1$ conditions

$$G(X, \Xi; \lambda) + K_\lambda N(X, \Xi; \lambda) = \Sigma_\beta u_\beta(X; \lambda)\rho_\beta(\Xi; \lambda), \tag{2}$$

$$\sigma_\beta(X; \lambda) = \int N(X, A; \lambda)\sigma_\beta(A; \lambda)\, dV_A, \tag{3}$$

où l'opération K_λ porte sur le point Ξ, déterminent un et un seul *noyau résolvant* N et entraînent les conditions

$$G(X, \Xi; \lambda) + J_\lambda N(X, \Xi; \lambda) = \Sigma_\beta \sigma_\beta(X; \lambda) v_\beta(\Xi; \lambda), \tag{4}$$

$$\rho_\beta(\Xi; \lambda) = \int \rho_\beta(A; \lambda) N(A, \Xi; \lambda)\, dV_A, \tag{5}$$

où l'opération J_λ porte sur X (des simplifications évidentes se produisent pour $k=0$); N est méromorphe et ses pôles sont indépendants de X et de Ξ. Plus généralement, nous supposons que N remplit les conditions (2) et (4), et que tout pôle de N est pour le second membre de (3) un point régulier ou un pôle d'ordre moindre; il en est alors de même pour le second membre de (5). Il est évident d'après (2) que si λ n'est pas un pôle de N, toute solution de $J_\lambda\, u = 0$ est une combinaison linéaire des $u_\beta(X;\lambda)$. On démontre que, *si λ est un pôle, l'équation $J_\lambda\, u = 0$ a plus de k solutions linéairement distinctes*, ce qui généralise le théorème de Fredholm.

Pour la démonstration, prenons le point $\lambda = 0$. Soient $\Sigma_n u_{\beta,n}\lambda^n$ et $\Sigma_n v_{\beta,n}\lambda^n$ les développements tayloriens respectifs des $u_\beta(X;\lambda)$ et des $v_\beta(X;\lambda)$. Soit

$$Q(X, \Xi; \lambda) = \sum_{n=1}^{p} Q_n(X, \Xi)\lambda^{-n}$$

la partie singulière de N, et soit $P(X, \Xi; \lambda) = N - Q$. On trouve qu'on peut écrire

$$Q_{p-n}(X, \Xi) = \sum_{q=0}^{n} \left\{ \sum_{\alpha=t(n-q)+1}^{t(n-q+1)} \sum_{s=0}^{q} \varphi_{\alpha,s}(X)\psi_{\alpha,q-s}(\Xi) + \sum_{\beta=1}^{k} [u_{\beta,q}(X)\rho_{\beta,n+1-q}(\Xi) + \sigma_{\beta,n+1-q}(X)v_{\beta,q}(\Xi)] \right\},$$

où les entiers $t(n)$ remplissent les conditions $0 = t(0) < t(1) \leqq t(2) \ldots \leqq t(p)$, et où les fonctions introduites sont telles que les $k + t(p)$ fonctions $\varphi_{\alpha,0}$ et $u_{\beta,0}$ soient linéairement distinctes, et qu'il en soit de même pour les $k + t(p)$ fonctions $\psi_{\alpha,0}$ et $v_{\beta,0}$.

Alors la fonction

$$R(X, \Xi) = P(X, \Xi; 0) - \sum_{\alpha=1}^{t(p-1)} \sum_{n=1}^{p-r(\alpha)-1} \varphi_{\alpha,n}(X)\psi_{\alpha,p-r(\alpha)-n}(\Xi)$$
$$- \sum_{\beta=1}^{k} \sum_{n=1}^{p} [u_{\beta,n}(X)\rho_{\beta,p-n+1}(\Xi) + \sigma_{\beta,p-n+1}(X)v_{\beta,n}(\Xi)]$$

est un noyau résolvant au sens élargi pour J_0, et toute solution de $J_0 u = 0$ est une combinaison linéaire des $k + t(p)$ fonctions $u_{\beta,0}$ et $\varphi_{\alpha,0}$, qui sont des solutions particulières [l'entier $r(\alpha)$ est déterminé par les conditions $t(r) < \alpha \leqq t(r+1)$].

2. Considérons maintenant l'opération linéaire

$$J_\lambda u(X) = g(X; \lambda)\, u(X) - \int_{\mathcal{V}}^{(m)} G(X, A; \lambda)\, u(A)\, dV_A,$$

qui, pour λ fixe, remplit les conditions dans lesquelles est établie la théorie des équations à intégrales principales (³). En outre G et g sont holomorphes par rapport à λ dans un domaine D, et l'on suppose que TJ_λ ne s'annule jamais quand λ est dans D, quelles que soient les valeurs des autres variables. Alors le nombre minimum k des solutions linéairement distinctes de $J_\lambda u = 0$ n'est pas nécessairement égal au nombre minimum l des solutions linéairement distinctes de l'équation associée $K_\lambda v = 0$. Mais on peut définir une *opération résolvante* dont le noyau est méromorphe et qui remplit des conditions indiquées dans les travaux antérieurs et analogues à celles qui concernent les équations de Fredholm. Alors, *en tout point λ où ce noyau est holomorphe, les équations associées ont respectivement k et l solutions linéairement distinctes; en tout pôle, elles en ont respectivement $k+t$ et $l+t$, où t est un entier positif* (non nul). C'est le même énoncé que dans les cas antérieurement traités.

Ce résultat s'étend sans difficulté à des systèmes d'équations à intégrales principales (⁴).

(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2124-2127; 203, 1936, p. 292-294; 204, 1937, p. 628-630. Les démonstrations détaillées des résultats annoncés dans ces Notes, pour le cas où l'on a $m = 1$, sont contenues dans le travail cité dans la note (²).

(⁴) *Comptes rendus*, 204, 1937, Note citée ci-dessus.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques déformations d'origine magnétique et électrique*. Note ([1]) de M. **Louis Roy**.

Les cas particuliers les plus simples, susceptibles de permettre la détermination expérimentale des nombres (g, h)/ε et $(g, h)/\varepsilon'$, résultent de la considération d'un cylindre ou d'un mur indéfinis et homogènes placés dans un champ uniforme ([2]).

1. *Cylindre indéfini.* — Le cylindre étant placé parallèlement aux lignes de forces d'un champ magnétique uniforme donné $\mathcal{H}$, les équations de l'équilibre magnétique, débarrassées des déformations, sont vérifiées en supposant l'aimantation induite constante et parallèle au champ. Cette aimantation ne donnant lieu à aucun magnétisme libre, le champ résultant reste $\mathcal{H}$ dans tout l'espace.

Dès lors, les déformations se réduisent à une dilatation transversale ∂, la même suivant toute direction, donnée par

$$8\pi\varepsilon'(\lambda+\mu)\,\partial=\int_0^{\mathcal{H}}\mathcal{B}\,d\mathcal{H}-\frac{\mathcal{H}^2}{2}-g\,\frac{(\mathcal{B}-\mathcal{H})^2}{4\pi\varepsilon'},\tag{1}$$

λ, μ étant les deux coefficients d'élasticité de Lamé.

Dans le cas d'un certain fer de Suède non recuit, on aurait par exemple ([3])

$$\mathcal{B}=25,2.10^3 \text{ gauss, pour } \mathcal{H}=4.10^3 \text{ gauss,}$$

d'où, pour $\lambda=\mu=8.10^{11}$ baryes,

$$\partial=\left(2,18-0,891\,\frac{g}{\varepsilon'}\right)10^{-6}.$$

Pour ces mêmes valeurs de $\mathcal{B}$ et de $\mathcal{H}$, la formule (4) de notre précédente Note donne $f/\varepsilon'=0,030$.

2. *Portion de cylindre indéfini.* — Si l'on imagine deux coupures infiniment minces, pratiquées suivant deux sections droites quelconques du cylindre ci-dessus considéré, ces coupures ne modifient pas l'aimantation induite, sauf que les faces de chaque coupure se couvrent de couches magnétiques uniformes de densités $\pm\mathcal{J}$. La portion de cylindre comprise entre les coupures devient ainsi un aimant uniforme de longueur finie, dont

---

([1]) Séance du 10 juin 1940.

([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 5.

([3]) *Recueil de constantes physiques*, 1913, p. 658.

les déformations se réduisent à une dilatation longitudinale ∂_1 et à une dilatation transversale ∂, la même suivant toute direction, données par

$$(2)\quad \begin{cases} 4\pi\varepsilon'(3\lambda+2\mu)\partial_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda}{\mu}+1\right)(\mathcal{B}-\mathcal{H})^2 + A - \left[g+\left(\frac{\lambda}{\mu}+1\right)h\right]\frac{(\mathcal{B}-\mathcal{H})^2}{4\pi\varepsilon'}, \\ 4\pi\varepsilon'(3\lambda+2\mu)\partial = -\frac{\lambda}{4\mu}(\mathcal{B}-\mathcal{H})^2 + A - \left(g-\frac{\lambda}{2\mu}h\right)\frac{(\mathcal{B}-\mathcal{H})^2}{4\pi\varepsilon'}, \end{cases}$$

A désignant l'ensemble des deux premiers termes de (1). La comparaison de (1) à (2) montre qu'il n'est plus nécessaire ici de recourir à un champ aussi élevé pour obtenir des dilatations du même ordre. Pour le même échantillon de fer, on a par exemple

$$\mathcal{B} = 14,6.10^3 \text{ gauss} \qquad \text{pour} \quad \mathcal{H} = 10 \text{ gauss},$$

d'où

$$\partial_1 = \left(4,21 - 0,336\frac{g+2h}{\varepsilon'}\right)10^{-6}, \qquad \partial = -\left(1,05 + 0,168\frac{2g-h}{\varepsilon'}\right)10^{-6}.$$

3. *Lame à faces parallèles indéfinie.* — Si l'on place une telle lame normalement aux lignes de forces du champ magnétique uniforme donné $\mathcal{H}$, les deux couches induites sur chaque face réduisent considérablement le champ intérieur à la lame et la dilatation longitudinale ∂_1 qui en résulte devient de l'ordre de 10^{-7}, avec les données numériques du numéro 1. Il n'en est plus de même si la lame est le diélectrique d'un condensateur, parce que le champ électrique H dans la lame peut alors être porté à une valeur très élevée, grâce à une différence de potentiel suffisante entre les armatures.

Pour des armatures non adhérentes, on trouve

$$8\pi\varepsilon(\lambda+2\mu)\partial_1 = (K-1)^2 H^2\left(\frac{K}{K-1} - \frac{g+h}{2\pi\varepsilon}\right),$$

ce qui donnerait pour le verre ordinaire ($\lambda = \mu = 2,5,10^{11}$ baryes, $K = 6$) [1] et $H = 1,2.10^5$ volts/mm,

$$\partial_1 = \left(2,54 - 0,338\frac{g+h}{\varepsilon}\right)10^{-5}, \qquad \text{avec} \quad \frac{f}{\varepsilon} = 1,26.$$

Pour des armatures adhérentes, on obtient

$$8\pi\varepsilon(\lambda+2\mu)\partial_1 = -H^2\left[K + (K-1)^2\frac{g+h}{2\pi\varepsilon}\right],$$

[1] *Loc. cit.*, p. 173 et 560.

de sorte que, abstraction faite du terme en $g+h$, la contraction est $K-1$ fois plus petite que la dilatation précédente.

4. *Portion de lame à faces parallèles indéfinie.* — Si l'on imagine une coupure infiniment mince pratiquée, suivant une courbe fermée arbitraire, normalement à la lame indéfinie, cette coupure ne modifie pas la polarisation induite et isole un cylindre droit ayant pour hauteur l'épaisseur de la lame et pour base la surface intérieure à la courbe. Comme au n° 2, les déformations de ce cylindre se réduisent à une dilatation longitudinale ∂_1 et à une dilatation transversale ∂ indépendante de la direction.

Pour des armatures non adhérentes, on trouve

$$8\pi\varepsilon(3\lambda+2\mu)\,\partial_1=(K-1)^2 H^2\left[\frac{\lambda}{\mu}+\frac{K}{K-1}-\frac{g+\left(\frac{\lambda}{\mu}+1\right)h}{2\pi\varepsilon}\right],$$

$$8\pi\varepsilon(3\lambda+2\mu)\,\partial=(K-1)^2 H^2\left(-\frac{\lambda}{2\mu}+\frac{1}{K-1}-\frac{g-\frac{\lambda}{2\mu}h}{2\pi\varepsilon}\right).$$

L'ordre de grandeur de ∂_1 est donc le même que pour la lame indéfinie. Avec les mêmes données numériques qu'au n° 3, il vient ainsi

$$\partial_1=\left(2,79-0,202\,\frac{g+2h}{\varepsilon}\right)10^{-5},\qquad \partial=-\left(3,80+1,01\,\frac{2g-h}{\varepsilon}\right)10^{-6}.$$

Pour des armatures adhérentes, on obtient

$$8\pi\varepsilon(3\lambda+2\mu)\,\partial_1=-H^2\left[\frac{\lambda}{\mu}(2K-1)+K+(K-1)^2\,\frac{g+\left(\frac{\lambda}{\mu}+1\right)h}{2\pi\varepsilon}\right],$$

$$8\pi\varepsilon(3\lambda+2\mu)\,\partial=H^2\left[\frac{\lambda}{2\mu}(2K-1)+K-1-(K-1)^2\,\frac{g-\frac{\lambda}{2\mu}h}{2\pi\varepsilon}\right].$$

Abstraction faite des termes en g, h, qui restent les mêmes avec ou sans adhérence, on voit que la non-adhérence, donnant lieu à des dilatations plus appréciables, semble plus favorable du point de vue expérimental.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouveau cas d'hérédité à retardement chez le Topinambour.* Note de M. **Lucien Daniel**.

A la fin du xxe siècle, les botanistes considéraient le greffage comme un agent exclusivement fixateur, incapable de provoquer la moindre variation

tant chez les végétaux greffés que dans leur descendance. Dans des recherches effectuées de 1890 à 1895, je montrai expérimentalement l'existence de variations très nettes apparaissant à la fois chez l'épibiote et l'hypobiote ou bien sur un seul d'entre eux, ainsi que, beaucoup plus rarement, sur leur descendance. Ces variations pouvaient, en certains cas, être conservées par multiplication végétative ou par graines, ce qui permettait d'en tirer parti dans la pratique et de s'en servir pour l'amélioration systématique des végétaux. Ces faits montraient que la question de l'influence réciproque des plantes greffées que l'on croyait définitivement tranchée dans le sens de la négative demandait de nouvelles recherches pour être définitivement résolue.

Cependant la portée de mes premières études avait été de suite comprise par quelques esprits d'avant-garde, parmi lesquels figurait M. A. Giard. Celui-ci m'écrivit alors : « J'ai plusieurs fois cité dans mes Cours les importants résultats que vous avez obtenus comme une preuve très solide de l'action du soma sur les éléments reproducteurs et une réfutation des idées de Weissmann ». Depuis cette époque, la science a marché. L'influence réciproque de l'épibiote et de l'hypobiote n'est plus niée aujourd'hui par les savants qui ont par eux-mêmes étudié expérimentalement cette question, avec le soin et la continuité qu'elle nécessite.

Schmidt et Meyer (1910), après avoir constaté le passage de l'atropine dans des greffes de *Datura* sur pomme de terre, déjà observé par Strasburger (1884), puis celui de la nicotine dans les greffes de *Nicotiana Tabacum* sur *Nicotiana affinis*, conclurent : « Il semble donc possible que les cellules différentes qui se mélangent à l'endroit de la greffe puissent agir en symbiose et *s'influencer réciproquement* ».

Plus récemment Woycicky, (*Act. Soc. bot. polon.*, 9, n° 1, 1932, p. 47), dans une étude très poussée sur l'hybride de greffe entre deux variétés de Lilas obtenu en 1932 par Hoser, à Varsovie, a écrit : « *L'existence de l'influence mutuelle de protoplasmas génétiquement différents et réunis par la greffe ne fait aucun doute*, malgré les résultats négatifs mentionnés par Hans Winkler en 1910 ».

J'ai moi-même, au cours de diverses publications ([1]), décrit sur certains descendants du Topinambour greffé sur le Soleil annuel qui provenaient soit de la multiplication par tubercules ou par graines, des variations nettement héréditaires, apparaissant immédiatement, soit avec un retard

([1]) *Comptes rendus*, 185, 1926, p. 908.

plus ou moins long, soit par intermittences. Au cours de ces dernières années, j'ai observé de curieux exemples d'hérédité à retardement chez mes *Helianthus tuberannuus* hybrides de greffe. Depuis son obtention, en 1932, la variété *H. crispus* s'était reproduite identique à elle-même et n'avait pas donné de tubercules aériens. Or, à la suite de la grande sécheresse de 1932, se développèrent sur sa tige de gros tubercules aériens dont quelques-uns fournirent un capitule qui s'épanouit bientôt. Ce développement condensé d'un organe qui n'aurait dû pousser qu'au printemps suivant se reproduisit en 1939, mais moins prononcé, et il ne s'est pas montré cette année. Reviendra-t-il plus tard, manifestant une hérédité intermittente, ou bien le caractère nouveau a-t-il disparu définitivement? L'avenir le dira.

Il y a trois ans, je remarquai sur un exemplaire d'*Helianthus tuberannuus grandiflorus* une réduction de la longueur de la tige et une floraison précoce du capitule terminal au début de juillet. En 1939, trois exemplaires fleurirent à la fin de juin. Cette année, j'ai planté des tubercules de cette variété séparément dans les jardins de mon laboratoire et au Jardin des Plantes où elle est cultivée comme ornement. Non seulement le nanisme s'est accentué et la variation s'est produite sur quinze exemplaires différents, mais la floraison s'est faite du 1er au 30 juin. Le même phénomène est apparu cette année pour la première fois sur l'*Helianthus tuberannuus Cavalieri*, qui s'est non seulement nanifié, mais ramifié, et a porté des fleurs plus nombreuses mais plus petites. En sélectionnant les types les plus intéressants au point de vue horticole, il y a lieu d'espérer qu'on finira par les fixer comme mes *Helianthus nanus*, *H. angustifolius*, etc.

De ces faits, contrôlés, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les descendants par graine des plantes greffées gardent, en certain cas, le souvenir plus ou moins durable de la vie passée en commun par leurs ancêtres, c'est-à-dire de leur symbiose à la fois mutualistique et antagonistique et des réactions cellulaires consécutives à la juxtaposition ou la combinaison de cellules en contact aux points cicatriciels d'union. Cette persistance du souvenir n'est pas sans rapport avec celle des hybrides sexuels résultant de la symbiose de cellules sexuelles différenciées (atavisme, regroupement de caractères spécifiques, apparition de formes nouvelles, dédoublements etc.).

2° Les variations du Topinambour greffé, quel que soit leur mode d'hérédité (végétative ou sexuée), sont un des exemples les plus démonstratifs de l'hérédité des caractères acquis. Non seulement elles sont *nouvelles*, mais, pour les expliquer, l'on ne peut invoquer l'action du

croisement sexuel, puisque le Topinambour ne donne pas, depuis 400 ans environ, de graines sous notre climat et qu'il ne fournit pas d'hybrides avec le Soleil annuel qui fleurit bien avant lui. Pour ces raisons le Topinambour constitue un *matériel de choix* pour l'étude expérimentale de l'hérédité des caractères acquis et l'influence du milieu extérieur sur l'évolution.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie de brochures intitulées :

1° *Peat and Its Uses;*

2° *Cook-Voorhees-Lipman. Contribution of Rutgers to Soil Science. A Century of Progress;*

3° *Significance of the Constituents of the so-called Nitrogen-free Extract of Plant Materials as a Source of Organic Matter in Soil;*

4° *On the Classification of Actinomycetes.*

CORRESPONDANCE.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur certains aspects analytiques du théorème de Fermat.* Note (¹) de M. **Sylvain Wachs**, présentée par M. Henri Villat.

L'unique but de la présente Note est de donner quelques formes d'énoncés s'offrant comme des équivalents du théorème de Fermat, énoncés qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été signalés.

I (²). Soient a, b, c trois entiers, au sens ordinaire du mot, de signes quelconques. Considérons la fonction

$$f(z) = \frac{a}{1-az} + \frac{b}{1-bz} + \frac{c}{1-cz} = \frac{Q(z)}{P(z)}.$$

Cette fonction n'est autre, au signe près, que la dérivée logarithmique du polynome $P(z)$. Supposons pour fixer les idées que c soit le plus grand en valeur absolue des trois nombres a, b, c. Dans ces conditions la fonction $f(z)$ est, à l'intérieur du cercle $|z| < \frac{1}{c}$, développable en série suivant les puissances croissantes de z, le coefficient de z^{n-1} étant $S_n = a^n + b^n + c^n$.

(¹) Séance du 29 juillet 1940.

(²) Voir *Revue Scientifique*, t. 78, mai 1940, p. 297.

Donc, pour démontrer le théorème de Fermat, il suffirait de prouver que, *dans le développement en série de puissances de la dérivée logarithmique d'un polynome du troisième degré ayant pour racines les inverses de trois entiers, aucun des coefficients* S_n *n'est nul.*

Si l'on remarque que la fonction $f(z)$ a pour seule singularité un pôle simple sur son cercle de convergence, il résulte des travaux de M. Mandelbrojt sur les séries lacunaires que dans le développement de $f(z)$ en série de puissances, il ne pourra y avoir qu'un nombre fini de coefficients nuls. On peut aller plus loin et prouver que ce nombre fini est au plus égal à 1; cela tient au fait que l'équation $(1+z^n)^p=(1+z^p)^n$, où n et p sont impairs, n'a pas d'autres racines réelles que 0 et -1.

II. Les coefficients S_n du développement de $f(z)$ sont liés par une relation de récurrence

$$S_{n+1}=u_1 S_n - u_2 S_{n-1} + u_3 S_{n-2}$$

en posant

$$u_1=S_1=a+b+c, \qquad u_2=ab+bc+ca, \qquad u_3=abc.$$

Considérons dans le plan projectif réel, l'homographie

$$(\mathcal{H}) \qquad x'=y, \qquad y'=z, \qquad z'=u_3 x - u_2 y + u_1 z.$$

L'équation caractéristique de cette homographie n'est autre que $\lambda^3-u_1\lambda^2+u_2\lambda-u_3=0$ qui admet pour racines les trois entiers a, b, c. Prenons le point $M_0(x=3, y=u_1, z=u_1^2-2u_2)$. Il est clair que l'homologue de ce point par l'homographie $\mathcal{K}=\mathcal{H}^p$ aura pour coordonnées S_p, S_{p+1}, S_{p+2}; si le théorème de Fermat est vrai pour la valeur entière p, ce point ne se trouvera jamais sur un côté du triangle de référence. Donc, pour démontrer le théorème de Fermat, il suffirait de prouver que, *parmi les homologues du point* M_0 *par les puissances successives d'une homographie* $\mathcal{H}$ *dont l'équation caractéristique a toutes ses racines distinctes entières et réelles, aucun n'est situé sur un côté du triangle de référence.*

III. La fonction $\varphi(z)=(1+z)^m$, où m est un nombre réel positif inférieur à 1, peut être développée par la formule généralisée du binome de Newton suivant les puissances croissantes de z en une série uniformément convergente à l'intérieur du cercle unité

$$(1) \qquad (1+z)^m=1+mz+\frac{m(m-1)}{2!}z^2+\ldots=1+\sum_{p=1}^{\infty}A(p,m)z^p.$$

Les $A(p, m)$ satisfont manifestement à la relation fonctionnelle

$$(x+1)A(x+1, y) = (y-x)A(x, y),$$

dont on peut mettre la solution sous la forme

$$A(x, y) = \frac{\xi(y)\Gamma(x-y)\cos\pi x}{\Gamma(x+1)},$$

où $\xi(y)$ est une fonction arbitraire de y; si l'on prend pour cette fonction l'expression $-y/\Gamma(1-y)$, on trouve pour $A(x, y)$

$$A(x, y) = \frac{y\Gamma(x-y)\cos[\pi(x+1)]}{\Gamma(x+1)\Gamma(1-y)},$$

et il est clair que si l'on donne à y la précédente valeur m et à x une valeur entière p au moins égale à 1, $A(p, m)$ devient identique au coefficient de z^p dans le développement de $\varphi(z)$. On a donc

$$A(p, m) = \frac{(-1)^{p+1}}{p!}\frac{m}{\Gamma(1-m)}\Gamma(p-m) = \frac{(-1)^{p+1}}{p!}\frac{m}{\Gamma(1-m)}\int_0^\infty t^{p-m-1}e^{-t}\,dt.$$

En remplaçant $A(p, m)$ par cette valeur dans le développement (1), on obtient aisément, en intervertissant l'ordre des signes Σ et $\int$, ce qui est légitime puisque la série est uniformément convergente,

$$(1+z)^m = 1 + \frac{m}{\Gamma(1-m)}\int^\infty t^{-m-1}(1-e^{-zt})e^{-t}\,dt;$$

donnons à m la valeur $1/n$; on arrive après des calculs très simples, à la formule

$$\sqrt[n]{1+z} = 1 + \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n-1}{n}\right)}\int_0^\infty t^{-2}(1-e^{-zt^n})e^{-t^n}\,dt.$$

Donc, pour prouver le théorème de Fermat, il suffirait d'établir que *si z est la puissance $n^{\text{ième}}$ d'une fraction rationnelle inférieure à l'unité, les deux intégrales*

$$\int_0^\infty t^{-2}(1-e^{-zt^n})e^{-t^n}\,dt \quad \text{et} \quad \int_0^\infty t^{n-2}e^{-t^n}\,dt = \frac{1}{n}\Gamma\left(\frac{n-1}{n}\right)$$

sont incommensurables entre elles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations du premier ordre en involution.* Note (¹) de M. **Marcel Mendes**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soit un système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre en involution

$$(1) \qquad F_i(x_k, p_l)=0 \qquad (i, k, l=1, 2, \ldots, n),$$

ne contenant que les variables indépendantes x et les dérivées partielles p de la fonction inconnue z. On sait que si au point $x_k=x_k^0$, $p_l=p_l^0$ le déterminant fonctionnel $\Delta=D(F_1, F_2, \ldots, F_n)/D(p_1, p_2, \ldots, p_n)$ est différent de zéro, ce système admet une intégrale holomorphe autour de ce point.

J'ai étudié la forme que prend l'intégrale lorsque Δ est nul en ce point sans l'être identiquement.

2. Le cas particulier d'équations linéaires par rapport aux p se traite facilement et l'on montre que le système admet une intégrale holomorphe au point considéré.

3. Le cas le plus ordinaire est celui où, en supposant différent de zéro un mineur d'ordre $n-1$ de Δ, les p se tirent des équations (1) sous la forme

$$p_i=P_i+Q_i\sqrt{R},$$

les P, Q, R étant des fonctions holomorphes des x au point considéré, R s'y annulant. Nous supposons que R contient des termes du premier degré.

La fonction z se décompose en

$$z=z_1+z_2 \qquad \text{avec} \qquad \frac{\partial z_1}{\partial x_i}=P_i, \qquad \frac{\partial z_2}{\partial x_i}=Q_i\sqrt{R}.$$

z_1 est fonction holomorphe des x et l'on démontre que l'on a

$$z=ZR^{\frac{3}{2}} \qquad (\text{Z, fonction holomorphe}).$$

Les grandes lignes de la démonstration sont les suivantes : si l'on pose

---

(¹) Séance du 29 juillet 1940.

$z_2 = z'_2 R^{3/2}$, z'_2 est intégrale du système

$$R\frac{\partial z'_2}{\partial x_i} + \frac{3}{2}\frac{\partial R}{\partial x_i} z'_2 = Q_i; \tag{2}$$

on pose à nouveau

$$z'_2 = kR^{-\frac{3}{2}} + Z \qquad (k = \text{const.}),$$

Z étant une intégrale particulière de (2), et l'on doit démontrer l'existence d'une intégrale holomorphe Z.

Pour cela, on ramène, au moyen d'un changement de variables, le système (2) à la forme

$$(\lambda y_1 + \ldots)\frac{\partial f}{\partial y_1} = \left(-\frac{3}{2}\lambda + \lambda_1 y_1 + \ldots + \lambda_n y_n + \ldots\right)f + \Lambda_1 y_1 + \ldots + \Lambda_n y_n + \ldots,$$

$$(\lambda y_1 + \ldots)\frac{\partial f}{\partial y_k} = (\lambda'_k + \lambda_1^k y_1 + \ldots + \lambda_n^k y_n + \ldots)f + \Lambda_1^k y_1 + \ldots + \Lambda_n^k y_n + \ldots$$
$$(k = 2, 3, \ldots, n).$$

La première équation de ce système suffit pour calculer les valeurs au point considéré de toutes les dérivées partielles de f et l'on démontre par la méthode des fonctions majorantes la convergence du développement obtenu.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la détermination des expressions limitatives exactes dans certains théorèmes de la théorie des fonctions analytiques.* Note [1] de M. **Ou Tchen Yang**, présentée par M. Paul Montel.

Sur une surface de Riemann S simplement connexe, j'appelle *ligne ordinaire* toute ligne, unissant deux points P_0 et P, dont tous les points sont points ordinaires de S, sauf peut-être le point final P. J'envisage en particulier deux espèces ordinaires fermées : 1° Les lignes sans point double et sans point de ramification à l'intérieur, 2° les lignes formant lacets, constituées par une ligne allant de P_0 à un point voisin de ramification et parcourue deux fois en sens inverses et par une petite courbe fermée entourant ce point de ramification. J'appelle ces lignes *de première et de deuxième espèce.*

Soit deux surfaces de Riemann S et S_1 simplement connexes, ayant pour support un même plan des z. Une correspondance entre les points de

(1) Séance du 10 juin 1940.

deux parties respectives de S et de S_1 est dite *correspondance par projection continue* lorsque deux points homologues se projettent en un même point z et la continuité se conserve.

La surface S_1 est dite *portée par* S s'il est possible de choisir les points homologues initiaux P_0 et $P_{1,0}$ de façon que : 1° à toute ligne ordinaire tracée sur S_1 et issue de $P_{1,0}$ corresponde par projection continue une ligne ordinaire tracée sur S et issue de P_0; 2° à toute ligne fermée sur S_1, de première ou de deuxième espèce, corresponde une ligne fermée sur S.

Plus généralement, la surface S_1 est dite *quasi portée par* S s'il est possible de choisir les points initiaux de façon que : 1° à toute ligne ordinaire tracée sur S_1 et issue de $P_{1,0}$ corresponde par projection continue une ligne ordinaire tracée sur S et issue de P_0; 2° à toute ligne fermée sur S_1, de première espèce, corresponde une ligne fermée sur S; 3° à toute ligne fermée sur S_1 de deuxième espèce comprenant une ligne $P_{1,0}P_{1r}$ menant au voisinage d'un point de ramification P_{1r} corresponde une ligne, fermée ou non sur S, qui présente toujours une petite boucle englobant le point P_r, homologue de P_{1r}.

Théorème. — *Soient* X, Z *deux aires de Riemann simplement connexes portant les variables* x *et* z. *On suppose que chacune soit représentable conformément sur un domaine fini et l'on désigne par* $G_X[(x_0, t_0), (x, t)]$ et $G_Z[(z_0, u_0), (z, u)]$ *les fonctions de Green respectives de ces surfaces.*

Soit $z = f(x, t)$ *une fonction méromorphe sur* X, *transformant* X *en une aire de Riemann* Z_1 *quasi portée par* Z. *On a l'inégalité*

$$G_Z[(z_0, u_0), (z, u)] \geqq G_X[(x_0, t_0), (x, t)]$$

quels que soient les points (x_0, t_0) (x, t) *de* X *et les points* (z_0, u_0), (z, u) *de* Z *qui leur correspondent, en général multiformément.*

L'égalité ne peut avoir lieu en un point intérieur que si Z_1 *est identique à* Z.

Ce théorème généralise une proposition antérieure de M. Ernest Lindelöf (²) par le remplacement des termes « porté » par les termes « quasi porté ». La seule application de la proposition de M. Lindelöf fournirait des propriétés des fonctions analytiques admettant des valeurs exceptionnelles *de rang* r_i, le présent théorème étend ces propriétés aux valeurs exceptionnelles *de poids* $\geqq 1 - (1/r_i)$.

On sait qu'une valeur exceptionnelle z_i d'une fonction $f(x)$ est de rang

(²) *Acta Societatis Scientiarum Fennicae*, 35, n° 7, 1909, p. 201; Gaston Julia, *Principes géométriques d'analyse*, 2° partie, Chap. IV, p. 68-90, Paris, 1932.

(entier) r_i si $f(x)=z_i$ n'a que des racines d'ordre multiple de r_i, elle est de poids $\geqq 1-(1/r_i)$ si $f(x)=z_i$ n'a que des racines au moins r_i-uples.

On a en effet le résultat suivant :

Étant donné n valeurs complexes z_i et n entiers correspondants r_i, soit $f(x)$ une fonction méromorphe dans le cercle-unité, admettant z_i comme valeurs exceptionnelles de poids au moins égal à $1-1/r_i$, avec $\Sigma(1-1/r_i)-2>0$. On a alors l'inégalité

$$(f(x_0), f(x)) \leqq \mathrm{M}\,\mathrm{D}(x_0, x),$$

quels que soient les points x_0, x dans le cercle-unité; les parenthèses et la lettre D *désignent respectivement les distances sphérique et hyperbolique et* M *est une constante.*

A partir de ce dernier théorème, M. Raphaël M. Robinson a démontré [3] des propositions généralisant les théorèmes classiques de Picard, Montel, Landau et Schottky.

La méthode employée permet de trouver les valeurs exactes des expressions limitatives qui figurent dans les théorèmes : *ces valeurs sont atteintes par certaines fonctions fuchsiennes de la première classe* [4] *qui décrivent des surfaces de Riemann à une infinité de feuillets, complètes et régulières, jouant le rôle de la surface Z.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la continuité des fonctions à variation bornée continue par rapport à chacune des variables.* Note [1] de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Paul Montel.

Dans un travail *sur les Fonctions doublement convexes et les fonctions doublement sous harmoniques* (*Praktika* de l'Académie d'Athènes 6, 1931, p. 374), M. Paul Montel a démontré le théorème suivant [2] : *une fonction $f(x, y)$ doublement convexe est continue par rapport à l'ensemble des deux variables.*

Une fonction est dite doublement convexe si elle est convexe en x quel

---

[3] *Duke Mathematical Journal*, 5, 1, 1939, p. 118-132.

[4] Pierre Fatou, *Fonctions automorphes*, t. 2 de la *Théorie des fonctions algébriques d'une variable* de Appell et Goursat, Paris, 1930.

[1] Séance du 10 juin 1940.

[2] Indépendamment de M. H. Kriticos, qui a donné une démonstration de ce théorème (*Bulletin de la Société mathématique de Grèce*, 11, 1930, p. 21-28).

que soit y et convexe en y quel que soit x. Ce théorème peut être étendu dans une certaine mesure aux fonctions à variation bornée : *une fonction $f(x)$ continue séparément en x et en y et à variation bornée en x est continue en (x, y) si la variation totale de $f(x, y)$ en x, $v(x, y)$ est continue par rapport à y.*

$f(x, y)$ *étant supposée à variation bornée en x au voisinage d'un point (x_0, y_0), nous pouvons écrire, avec les notations d'usage,*

$$f(x, y) = f(x_0, y) + P_{x_0}(x, y) - N_{x_0}(x, y) \tag{1}$$

où P et N sont des fonctions monotones non décroissantes avec x.

La variation totale $V_{x_0}(x, y)$ étant supposée continue par rapport à y, il en est de même de $P_{x_0}(x, y)$ et de $N_{x_0}(x, y)$ grâce aux égalités connues

$$2P_{x_0} = V_{x_0} + f(x, y) - f(x_0, y)$$
$$2N_{x_0} = V_{x_0} + f(x_0, y) - f(x, y).$$

Or on sait qu'une fonction de deux variables, continue par rapport à l'une d'elles et continue et monotone par rapport à l'autre, est continue. Il s'ensuit que $P_{x_0}(x, y)$ et $N_{x_0}(x, y)$ sont continues par rapport à l'ensemble des deux variables; en vertu de (1) $f(x, y)$ est continue au point (x_0, y_0).

On voit que les fonctions doublement convexes satisfont aux conditions énoncées : elles sont continues et à variation bornée par rapport à chacune des variables et la variation totale par rapport à l'une d'elle, par exemple x_1 est continue en y. Contrairement au théorème de M. P. Montel et M. Kriticos, le théorème énoncé ne s'étend pas, dans toute sa généralité, aux fonctions de plus de deux variables.

L'énoncé général devient le suivant :

Pour qu'une fonction de n variables $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, continue en $x_1, x_2, \ldots, x_n$ et à variation bornée (au sens de M. Lebesgue), soit continue au point P, il suffit que la variation totale de f par rapport à $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$ soit continue en P par rapport à x_n.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la perméabilité des membranes.* Note (1) de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans cette Note je ne me propose pas de donner une solution, même partielle, de ce problème important. Mon but est beaucoup plus modeste :

(1) Séance du 22 juillet 1940.

je veux construire une ébauche mathématique de la théorie applicable dans certains cas particuliers. Imaginons un appareil constitué par un tube symétrique en V dont la partie médiane est traversée par une membrane. Une branche (la gauche) de cet appareil contient de l'eau distillée, l'autre une solution dont il faut étudier le passage à travers la membrane. La matière dissoute est nécessairement dissociée, en partie ou totalement. Deux cas sont possibles : 1° la membrane laisse passer en nombres égaux les ions positifs et négatifs; 2° la membrane laisse passer les ions en nombres inégaux. La théorie physique de ce passage et du rôle des charges électriques n'est pas encore créée. On peut indiquer des cas où une membrane chargée laisse passer en nombres égaux les ions de signes différents; on peut signaler des cas contraires.

2. C'est le premier cas que j'examine. Soient x_1, y_1 les nombres par centimètre cube de molécules intactes dans les branches droite et gauche du tube, x_2, y_2 les nombres de molécules dissociées, x, y les nombres totaux de molécules et ν, o les concentrations moléculaires initiales. Des considérations cinétiques très simples montrent que le nombre de molécules de chaque espèce qui passent à travers la membrane est proportionnel à la différence de concentrations moléculaires respectives des deux côtés de la membrane. L'état de dissociation des solutions à droite et à gauche ne reste pas invariable pendant l'expérience. Il est entretenu par des actions très variées, mais surtout par l'action thermique et chimique du dissolvant; nous admettons au contraire que l'action *brisante* de chocs entre les molécules intactes est négligeable. Dans ces conditions le nombre de molécules dissociées par unité de temps sera respectivement proportionnel à x_1, y_1. D'autre part il faut prévoir une certaine reconstitution de molécules par l'action du mécanisme cinétique bien connu, ce qui donne dans les équations des termes respectivement proportionnels à x_2^2, y_2^2. Dans ces conditions on peut exprimer le processus de passage à travers la membrane par les équations différentielles

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = \sigma_1(y_1 - x_1) - \alpha x_1 + \beta x_2^2; & \dfrac{dx_2}{dt} = \sigma_2(y_2 - x_2) + \alpha x_1 - \beta x_2^2; \\ \dfrac{dy_1}{dt} = \sigma_1(x_1 - y_1) - \alpha y_1 + \beta y_2^2; & \dfrac{dy_2}{dt} = \sigma_2(x_2 - y_2) + \alpha y_1 - \beta y_2^2. \end{cases}$$

Les coefficients α, β dépendent de la température; les coefficients σ_1 et σ_2 dépendent de la température, de l'épaisseur de la membrane et de la structure des pores.

3. On peut tirer des équations (1) les conclusions suivantes : 1° la somme des variables reste constante, ce qui n'exprime que le fait banal de la conservation de la matière; 2° le processus se termine par l'égalisation des concentrations à gauche et à droite; 3° dans cet état limite un certain équilibre de dissociation s'établit, et l'on a

$$\alpha a_1 = \beta a_2^2, \qquad a_1 + a_2 = \frac{v}{2}, \tag{2}$$

a_1 et a_2 étant respectivement les concentrations moléculaires limites pour les molécules intactes et les molécules dissociées; 4° la concentration moléculaire relative de molécules dissociées a_2/v est une fonction décroissante de la concentration initiale v, alors que a_2 en est la fonction croissante, ce qui est conforme à la réalité.

4. On peut chercher les solutions de (1) sous la forme de séries exponentielles

$$\left\{\begin{aligned} x_1 &= a_1 + \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_{1k} e^{-\rho_k t}, & x_2 &= a_2 + \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_{2k} e^{-\rho_k t}, \\ y_1 &= a_1 + \sum_{k=1}^{\infty} \beta_{1k} e^{-\rho_k t}, & y_2 &= a_2 + \sum_{k=1}^{\infty} \beta_{2k} e^{-\rho_k t}; \end{aligned}\right. \tag{3}$$

en supposant que la vitesse moyenne des molécules dissociées soit supérieure à celle des molécules intactes et que par conséquent $\sigma_2 > \sigma_1$, on trouve les trois premiers coefficients caractéristiques

$$\rho_1 = 2\sigma_1 + \frac{1}{2}(A_1 - A_2)^2, \qquad \rho_2 = 2\sigma_1 + \frac{1}{2}(A_1 + A_2)^2, \qquad \rho_3 = \alpha + 2\beta a_2 \tag{4}$$

en posant

$$A_1^2 = \beta a_2 + \frac{1}{2}\left[\sqrt{\alpha} + \sqrt{2(\sigma_2 - \sigma_1)}\right]^2, \qquad A_2^2 = \beta a_2 + \frac{1}{2}\left[\sqrt{\alpha} - \sqrt{2(\sigma_2 - \sigma_1)}\right]^2.$$

Tous les autres coefficients caractéristiques ρ_k sont des combinaisons linéaires à coefficients entiers non négatifs de ρ_1, ρ_2, ρ_3. Pour t suffisamment grand on peut représenter y par la formule approchée

$$y = \frac{\nu}{2}(1 - e^{-\rho_1 t}) - \frac{\nu(\rho_1 - 2\sigma_1)}{\rho_2 - \rho_1}(e^{-\rho_1 t} - e^{-\rho_2 t}), \tag{5}$$

et même dans plusieurs cas par la formule simple

$$y = \frac{\nu}{2}(1 - e^{-\rho_1 t}). \tag{6}$$

Les formules (4) donnent une expression théorique du coefficient empirique ρ_1 et permettent d'étudier ce coefficient en tant que fonction de différents facteurs physiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude au moyen de l'effet Raman de la constitution des solutions contenant du chlorure stanneux en présence d'un excès d'ions* Cl^-. *Mise en évidence et structure de l'ion stannotrichlorure.* Note (1) de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François.**

Le spectre Raman des solutions très chlorhydriques de chlorure stanneux a déjà été décrit par Volkringer, Tchakirian et Mme Freymann (2). Ces auteurs l'attribuent à l'acide stannochlorhydrique $SnCl^3H$ et le rattachent au type chloroforme, cette analogie justifiant pour le chloroforme la formule développée $\genfrac{}{}{0pt}{}{Cl}{Cl}\!\!>\!C—Cl—H$.

L'acide stannochlorhydrique est supposé même, par ces auteurs, dissocié en solution. Il donne donc des ions qui nous paraissent devoir être du type AX^3 et non du modèle AX^3Y.

L'étude de l'état de dépolarisation des raies, indispensable pour étayer une hypothèse structurale, n'ayant pas été faite, nous avons repris la question.

Le spectre Raman et la dépolarisation ont été déterminés non seulement pour les solutions chlorhydriques de chlorure stanneux, mais aussi dans le cas des solutions de ce sel dans une liqueur de chlorure de calcium.

	Spectre Volkringer.	$SnCl^2$ dans HCl.	$SnCl^2$ dans $CaCl^2$.
Fréquences	112 large, diffuse	120 large, diffuse	120 large, diffuse
	218 diffuse	220 diffuse (dépol.)	220 diffuse (dépol.)
	265 diffuse	275 diffuse (pol.)	278 diffuse (pol.)
	312 fine, faible	320 fine, faible (P)	

Les spectres sont les mêmes à la raie 320 cm^{-1} près qui est absente dans le troisième et ceci, bien que les solutions de chlorure de calcium étudiées soient aussi riches en chlorure stanneux que les solutions chlorhydriques.

Cette absence ne saurait constituer la seule différence existant entre les spectres d'édifices $(AX^3)^-$, $(AX^4)^{--}$, AX^3Y, ... Nous pensons donc plutôt que les solutions de chlorure stanneux dans l'acide chlorhydrique

(1) Séance du 20 mai 1940.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 292.

et dans le chlorure de calcium contiennent le même édifice. La raie 320 cm^{-1} n'appartiendrait pas à son spectre Raman, mais serait liée à un début d'oxydation du chlorure stanneux. Cette hypothèse se trouve vérifiée par les faits suivants :

1° Une raie de même fréquence, également fine et fortement polarisée, s'observe dans le spectre des solutions contenant à la fois du chlorure stannique et des ions Cl^-.

2° Dans les solutions de chlorure stanneux dans le chlorure de calcium qui ne présentent jamais cette raie, l'oxydation ne s'est jamais produite lors de nos expériences : elle s'accompagnerait d'un trouble qui même très faible empêcherait l'obtention du spectre Raman.

3° Au contraire, l'oxydation des solutions chlorhydriques n'amène aucun trouble de la liqueur. Elle progresse lors du vieillissement de la solution. On constate en même temps sur les spectres successifs d'une même solution, obtenus après des poses égales séparées par d'assez longs intervalles, que la raie 320 cm^{-1} d'abord extrêmement faible s'accuse graduellement. Sa présence est donc bien corrélative d'une oxydation de la liqueur.

Les spectres Raman des solutions de chlorure stanneux dans l'acide chlorhydrique ou le chlorure de calcium sont donc identiques. L'existence d'acide stannochlorhydrique étant impossible dans le deuxième cas, on ne peut admettre, dans le premier, que les ions venant de sa dissociation. Le type AX^3Y est donc à rejeter et il faut trancher entre les ions $(AX^3)^-$, $(AX^4)^{--}$, ...

L'examen de l'état de dépolarisation des raies permet non seulement de rejeter également l'hypothèse d'un modèle AX^3Y, mais aussi d'attribuer une formule à l'ion complexe présent en solution.

Nous admettrons, comme le font Volkringer et ses collaborateurs, que la première raie correspond à un doublet et nous comparerons tout d'abord les trois raies suivantes aux correspondantes du chloroforme :

Chloroforme...........	667 pol.	758 dépol.	1213 dépol.
$SnCl^3H$...............	220 dépol.	275 pol.	320 pol.

Même si l'on conservait la raie 320 cm^{-1}, il n'y a pas analogie entre le spectre de l'acide stannochlorhydrique et celui du chloroforme. En éliminant cette raie que nous avons attribuée à l'oxydation de la liqueur, le spectre comporte donc en fait deux doublets.

La comparaison avec celui des modèles tétraédriques AX^3 et AX^4, en

ce qui concerne le doublet externe seul susceptible de mesures, permet de conclure en faveur de $(SnCl^3)^-$.

Spectre observé pour $(SnCl^3)^-$.		AX^3.	AX^4.
ν_4 } ν_2 }	120 large................	–	–
ν_3	220 dépol..............	ν_3 dépol.	ν_1 pol.
ν_1	275 pol.................	ν_1 pol.	ν_3 dépol.

L'ion complexe $(SnCl^3)^-$ a une structure tétraédrique; l'un des sommets est occupé par Sn, les autres par des Cl.

Cette conclusion donne une nouvelle démonstration de l'existence de l'acide stannochlorhydrique, mais, dissocié en ions, il n'a aucune analogie de structure avec le chloroforme.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs différentielles de dissolution ou de mélange de quelques corps dans leurs solutions acétoniques étendues.* Note de M. **Jean Perreu**.

J'ai indiqué (¹) que la chaleur différentielle de dissolution de quelques corps purs normaux dans leurs solutions aqueuses étendues varie, à température constante, proportionnellement à la concentration, suivant la formule approchée

(1) $$\Delta q = \frac{K.\Delta p}{100}.$$

Dans cette relation, Δq est la variation, en calories-grammes, de la chaleur de dissolution moléculaire correspondant à un changement de concentration Δp, exprimé en grammes de corps dissous, dans 100 grammes de solvant. La constante K est voisine de 1850.

Pour examiner si cette loi est applicable aux solvants organiques, j'ai étudié, en premier lieu, les solutions étendues d'une série de corps dans l'acétone, vers 12°-13°. Les chaleurs spécifiques des solutions utilisées ont été mesurées, entre 14° et 17°, par la méthode du calorifère (²). J'ai trouvé pour l'acétone $\gamma_{(14°-17°)} = 0,518$. Les chaleurs de dissolution ont été déterminées, au calorimètre de Berthelot, à partir de 350 à 400 grammes de

(¹) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 293.
(²) *Thèse*, Paris, 1936, p. 47.

solution, à laquelle on ajoute une faible masse du corps à dissoudre, de façon à augmenter la concentration de 1 à 2 % environ.

Résultats obtenus. — Le tableau ci-dessous donne l'ensemble des résultats calorimétriques trouvés. Les notations q_o, q_p représentent, en calories-grammes, les chaleurs de dissolution différentielles dans le solvant pur et dans les solutions de concentration initiale p %; γ_p exprime la chaleur spécifique moyenne de ces mêmes solutions, entre 14° et 17°.

Corps étudié.	γ_p (14°-17°).		q_p.			K à l'origine
	γ_5 (%).	γ_{10} (%).	q_o.	q_5 (%).	q_{10} (%).	
			cal	cal	cal	
Naphtalène	0,510	0,503	−4060	−4150	−4250	1800
Diphényle	0,512	0,507	−4390	−4300	−4210	1800
Phénol (monohydrate)	0,514	0,511	− 280	− 370	− 460	1800
Camphre	0,517	0,515	−1020	− 930	− 840	1800
Sulfure de carbone	0,508	0,500	−1200	−1110	−1020	1800
Alcool méthylique	0,525	0,530	− 680	− 590	− 490	1800
Aniline	0,517	0,515	+1220	+1130	+1040	1800
Benzène	0,516	0,512	− 210	− 120	− 40(?)	1800
Essence de térébenthine	0,516	0,513	−1550	−1460	−1370	1800
Résorcine	0,513	0,511	−1160	− 900	− 630	5300
Glycol	0,523	0,529	−1490	−1220	− 940	5400
Eau	0,557	0,592	− 360	− 90	+ 200	5400
Acétamide	$\gamma_{(3,87)}=0,517$	peu soluble	−3860	$q_{(3,87)}=-3,495$	−	7200
Nitrobenzène	0,512	0,507	− 150	− 100	− 70(?)	1000
Chloroforme	0,507	0,495	+1220	+1215	+1200	négligeable
Tétrachlorure de carbone	0,507	0,496	+ 35(?)	0(?)	− 30(?)	650
Benzamide	$\gamma_{(6)}=0,509$	peu soluble	−3320	$q_{(4)}=-3,320$	$q_{(6)}=-3,310$	négligeable

Classification des résultats. — La loi de proportionnalité, en solution étendue, entre Δp et Δq, s'applique à l'ensemble des corps étudiés; mais les valeurs trouvées pour le coefficient K permettent de répartir les résultats précédents en trois groupes.

Pour l'ensemble des neuf premiers corps de la liste ci-dessus, on obtient un nombre K voisin de 1800, et, par suite, sensiblement égal à la valeur trouvée dans l'étude des solutions aqueuses.

Les quatre corps suivants donnent un coefficient K qui est un multiple entier de 1800; il est de l'ordre de 1800×3 pour la résorcine, le glycol et l'eau, et égal à 1800×4 pour l'acétamide.

Enfin la valeur de K observée pour les quatre derniers corps étudiés

est inférieure aux nombres précédents; pour la benzamide et le chloroforme, les Δt observés dans les mesures sont notables et la précision des résultats trouvés est satisfaisante; K est négligeable.

Dans le cas du tétrachlorure de carbone et du nitrobenzène, la précision des mesures est médiocre; les valeurs calculées de K sont faibles et incertaines.

Conclusion. — En résumé, l'étude calorimétrique des solutions étendues, dans l'acétone, nous montre que la chaleur différentielle de dissolution de tous les corps étudiés varie proportionnellement à la concentration et qu'en outre, un grand nombre d'entre eux présentent le même coefficient de proportionnalité.

GÉOLOGIE. — *Discordance et faciès dans l'Extrême-Sud tunisien.* Note de M. **Gilbert Mathieu.**

La géologie de l'Extrême-Sud tunisien nous a été révélée par les travaux de Jourdy, H. Douvillé et Pervinquière. Puis la découverte de Permien marin au Djebel Tébaga de Toujane, qui a été relatée dans ces *Comptes rendus* par MM. Henri Douvillé, Solignac et Berkalloff (¹), est venue apporter un intérêt nouveau à cette région des *Monts des Ksours*.

J'exposerai ici des constatations très générales faites durant une mission de prospection géologique dans la région comprise entre Gabès et Foum-Tatahouine de février à juin 1939. J'indiquerai sommairement que le Permien tunisien décrit un anticlinal, dont l'axe est dirigé sensiblement Ouest-Est, de Toujane au Djebel Saïkra. Sur le versant sud de ce pli constitué par le Permien vient s'appliquer un Trias inférieur gréseux (grès d'un rouge brique avec piste de vers et bois fossiles). Ce Trias gréseux forme le substratum de la grande plaine qui s'étend depuis Métameur jusqu'à Kirchaou. Dans la tranche des Monts des Ksours, constitués par une série de Jurassique et de Crétacé, nous avons observé le Bathonien (grès et cargneules) discordant sur le Trias, par l'intermédiaire d'un conglomérat de base, dans la cluse de l'Oued Hallouf, à Sidi-Stout, ainsi que dans le Djebel Mogor. Cette discordance angulaire se retrouve dans la berge de l'Oued Négueb (près de Bir-bou-Gaba) et au nord de Métameur (à la base et à l'est du Tadjéra Shrira).

A une cinquantaine de kilomètres au Sud, au contraire, il y a une conti-

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 21-25.

nuité absolue, tectoniquement, depuis le grès triasique jusqu'au Kimméridgien. Une coupe classique du Trias moyen peut être levée de Kirchaou vers Tatahouine, à travers le Djebel Renach où, en superposition sur le grès rouge, on rencontre le calcaire saumon de Muschelkalk à *Myophoria Goldfussi*, surmonté lui-même par une masse extrêmement puissante de gypse. Les gypses massifs forment une chaîne de collines blanches que traverse la piste de Foum-Tatahouine à Ksar Morra. Au milieu de la formation continentale des gypses, nous avons découvert un niveau marin de calcaire blanc produit par l'accumulation de lamellibranches. On peut identifier une espèce appartenant au genre *Pseudomonotis*, extrêmement voisine des formes d'âge bajocien connues en Europe. Les gypses constituent donc une *série compréhensive* s'élevant du Trias moyen au Bajocien alors qu'ils étaient attribués jusqu'à présent au Keuper. En superposition vient se placer, d'après le pendage, la faune à *Trigonia pullus* (d'âge bathonien par conséquent) du poste optique du Djebel Tlallet. Les tables horizontales qui couronnent les plateaux entre Foum-Tatahouine et Beni-Kreddache sont formées par la dolomie rouge massive à grains fins renfermant de gros moulages de *Pteroceras* et réputée Kimméridgienne. Sous cette corniche une faune riche en *Cidaris*, *Hemicidaris*, *Acrosalenia*, à affinité rauracienne est visible le long de la piste de Ksar Krérarchefa.

Toutes ces observations sont absolument concordantes et démontrent une sédimentation continue du Trias au Portlandien avec remplacement progressif des lagunes à gypse par des bassins marins. Les gypses apparaissent graduellement en lentilles à partir du marabout de Sidi Mosbah et du Ksar Kérikéria et deviennent massifs vers le Sud. Un amincissement graduel du Jurassique vers le Nord amène sa disparition à Kef en Nsoura, où le Cénomanien repose directement et en discordance sur le Permien. Les faciès de marno-calcaire de l'Oxfordien-Callovien de Foum-Tatahouine et de Ghoumerassen passent vers le Nord aux grès avec *ripplemarks* dans le Djebel Mogor. De même, en approchant de la ride permienne les cargneules du Bathonien admettent vers le Nord un conglomérat avec galets du grès rouge triasique sous-jacent.

Ces constatations nous conduisent aux conclusions suivantes :

1° Le ridement du Permo-Trias du Djebel Tébaga des Matmatas, entre Médénine et Toujane, n'affecte pas la région de Foum-Tatahouine restée sub-horizontale depuis le Trias.

Au point de vue paléogéographique, on peut préciser qu'une falaise de dolomie permienne (Djebel Tébaga, Djebel er Remtsia) n'a été franchie

par la mer qu'au moment de la transgression cénomanienne. Des mouvements posthumes du ridement du Tébaga ont amené l'effondrement au nord d'une faille d'un paquet jurassique dans le Djebel er Remtsia. La faille de Remtsia, qui met au contact Callovien et Permien, est d'âge post-jurassique et ante-cénomanien.

2° Les faciès de l'Extrême-Sud tunisien se révèlent très monotones puisque l'alternance des bancs de dolomie, de gypse, de marno-calcaire et de grès persiste non seulement dans tout le jurassique mais encore dans le Crétacé. C'est la grande discordance de Kef en Nsoura qui permet de faire le partage entre les dolomies primaires et celles de la couverture secondaire.

L'accumulation pendant le Jurassique sur des centaines de mètres de marno-calcaires à lamellibranches (et sans céphalopodes) rappelle tout à fait les faciès de l'Afrique orientale.

Le Permien, qui admet des grès avec longues pistes de vers et débris végétaux hachés au milieu des calcaires à *Fusulines*, *Lyttonia* et *Archæocidaris* ou des dolomies à *encrines*, montre aussi l'alternance de formations littorales avec des dépôts franchement marins.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine de l'allantoïne*. Note de MM. **Robert Échevin**, **Arthur Brunel** et M^lle **Isabelle Sartorius**, présentée par M. Marin Molliard.

Depuis la découverte de l'acide urique chez les végétaux, réalisée en 1932 par R. Fosse et ses collaborateurs, l'allantoïne et son dérivé l'acide allantoïque sont considérés comme des substances provenant des nucléo-protéides : *nucléases* et *purinoxydases* transforment les nucléines en acide urique, l'*uricase* oxyde et hydrate l'acide urique pour donner l'allantoïne. L'étude des variations des deux uréides, la nature et l'évolution des enzymes contenus dans les germinations de *Soja* nous ont permis de dégager certains faits qui viennent à l'appui de cette conception.

Nos recherches plus récentes sur les formes uréidiques de l'azote chez diverses phanérogames montrent que l'apparition de l'allantoïne ne peut s'expliquer uniquement par la voie que nous venons d'envisager et qu'un autre processus doit intervenir pour donner naissance à l'uréide.

Dans les plantules d'*Agrostemma Githago*, renfermant des quantités appréciables d'allantoïne et d'acide allantoïque, il est impossible de déceler

l'acide urique et l'*uricase*, dont la présence est cependant indispensable pour expliquer la dégradation des purines jusqu'à l'allantoïne par voie enzymatique. D'autre part, la genèse de l'allantoïne à partir des composés puriques ne constitue pas un processus général, car nous avons, en vain, recherché l'uréide dans les bourgeons de *Tilia sylvestris*, d'*Ampelopsis hederacea* etc.; or, on doit admettre que ces organes en voie de croissance renferment à la fois des acides nucléiques et leurs métabolites. Dans les feuilles entièrement blanches d'*Acer Negundo* l'azote de l'allantoïne et de l'acide allantoïque représente plus de 25 % de l'azote total contenu dans ces organes; cette proportion s'élève même respectivement à 27 et à 45 % dans les axes d'inflorescences de *Wistaria sinensis* et d'*Acer pseudo-Platanus*. Il nous paraît impossible que de telles quantités d'uréides soient le produit du seul métabolisme purique, même en tenant compte du fait que les nucléo-protéides ne sont pas strictement localisés dans le noyau de la cellule.

Cette question de l'origine de l'allantoïne a été longuement discutée en physiologie animale. Analysant les produits d'excrétion de Porcelets soumis à des régimes alimentaires déterminés, E. F. Terroine et G. Mourot concluent que l'allantoïne de l'urine des Mammifères résulte à la fois d'un processus de dégradation des composés puriques et d'une synthèse aux dépens de certains constituants des matières albuminoïdes; la nature des aliments administrés, les recherches antérieures effectuées dans la même voie font supposer que l'arginine et l'histidine sont les acides aminés aux dépens desquels la synthèse, *in vivo*, de l'allantoïne serait réalisable.

De notre côté nous nous sommes demandé quelle pouvait être l'influence du milieu de culture sur la formation de l'allantoïne chez le *Soja hispida*, plante qui renferme normalement cet uréide, en l'obligeant à croître sur des liquides contenant l'un des divers acides aminés susceptibles d'intervenir dans cette synthèse. Nos premières cultures ont été réalisées, les unes sur une solution aqueuse d'histidine à 1 $^0/_{00}$ (monochlorhydrate d'histidine gauche), les autres sur une solution de glycocolle de même concentration, placées à l'obscurité ou à la lumière.

Dans les tableaux ci-contre nous indiquons les teneurs en azote des différentes cultures, les dosages ayant porté séparément sur les cotylédons (C) et sur ce qui reste de la plantule après l'ablation des cotylédons (R).

100 germinations de 16 jours, à l'obscurité.

	Sur glycocolle. N absorbé : 0.			Sur histidine. N absorbé : 92mg.		
	C.	R.	Plantes entières.	C.	R.	Plantes entières.
Substance sèche (mg)	7350	4700	12050	7048	5405	12453
N protéique	292	105	397	285,9	204	489,9
– soluble	229,8	295,8	525,6	223,6	401,3	624,9
– total	521,8	400,8	922,6	509,5	605,3	1114,8
– aminé, amidé	128,9	193,3	322,2	113,9	224,6	338,5
– de l'allantoïne	17,9	21,5	39,4	19,6	21,6	41,2
– de l'acide allantoïque	16,6	31,6	48,2	15,3	30,7	46
– des uréides glyoxyliques	34,5	53,1	87,6	34,9	52,3	87,2

100 germinations de 16 jours, à la lumière.

	Sur glycocolle. N absorbé : 67mg.			Sur histidine. N absorbé : 113mg.		
	C.	R.	Plantes entières.	C.	R.	Plantes entières.
Substance sèche (mg)	6781	6656	13437	5785	7464	13249
N protéique	210	135,5	345,5	236,8	222,8	459,6
– soluble	271,7	384	655,7	277,2	456,8	734
– total	481,7	519,5	1001,2	514	679,6	1193,6
– aminé, amidé	149,9	267,5	417,4	162,9	309	471,9
– de l'allantoïne	16,5	28,3	44,8	18,6	24,6	43,2
– de l'acide allantoïque	18,9	28,8	47,7	15	25,1	40,1
– des uréides glyoxyliques	35,4	57,1	92,5	33,6	49,7	83,3

La culture à l'obscurité, sur glycocolle, peut être considérée comme un témoin qui a végété sur eau distillée, l'absorption du glycocolle ayant été nulle. Il n'existe aucune différence entre les deux cultures développées à l'obscurité quant à la teneur des plantes en uréides; dans les cultures exposées à la lumière, cette différence, bien que plus importante, est de l'ordre des variations individuelles. Dans les trois cas où il y a eu absorption d'acide aminé le gain d'azote ainsi réalisé se retrouve entièrement dans les plantules sous forme d'azote protéique et d'azote soluble, aminé ou amidé. L'absorption d'histidine ne modifie donc en rien la teneur normale des tissus en allantoïne. Dans les conditions expérimentales où les plantes ont été placées, l'histidine ne paraît jouer aucun rôle dans la synthèse de l'allantoïne. Avant de se prononcer il faudrait voir, et c'est là l'objet de recherches en cours, si l'apport d'un milieu de culture plus complexe ne modifie pas le chimisme cellulaire à l'égard de l'histidine.

MYCOLOGIE. — *A propos des Russules tropicales à voile membraneux.* Note de M. **Roger Heim**, présentée par M. Auguste Chevalier.

En 1934, nous avons recueilli à Madagascar plusieurs Russules remarquables, caractérisées par leur voile membraneux inconstant, subsistant souvent sous forme d'anneau, et nous les avons réparties en deux groupes : les *Radicantes* (*Russula radicans*) à *verrues* sporales amyloïdes, réactions oxydasiques faibles, stipe radicant, les *Discopodinæ* (*R. annulata*) à *réseau* sporal amyloïde profond, réactions oxydasiques vives, stipe à disque basal mycélien.

Nous avons montré que chez ces Russules, de même que chez les Lactaires annelés tropicaux (*Lactariopsis*) (1), l'origine de cet anneau, provenant d'une soudure non initiale entre la marge du chapeau et le sommet du stipe, ou de la chute autour de celui-ci d'une couronne péripiléique, était non primitive mais secondaire. Autrement dit, l'angiocarpie de ces Champignons n'est qu'apparente (*pseudo-angiocarpie*).

Cette faible signification embryogénique du voile annulaire nous a autorisé à rapprocher respectivement de ces deux groupes à voile membraneux d'autres Russules malgaches non annelées : *R. aureotacta* des *Radicantes*, *Heliochrominæ* des *Discopodinæ*. Et nous avons proposé de réunir toutes ces Russules tropicales dans une même coupure, les *Pelliculariæ*, dont les caractères essentiels s'appliquent à la chair pelliculaire du chapeau profondément cannelé-strié, à pigments vifs, marge obtuse, spores blanches ou blanc crème, saveur douce ou peu nauséeuse.

Nous avons supposé que les Russules voilées dérivaient de Russules gymnocarpes évoluées et marquaient un échelon phylétique régressif vers les formes lactario-russulées closes et souterraines (*Asterogastraceæ*), interprétées parmi les Astérosporales comme stade ultime de dégradation hypogée (2).

Par la suite, la découverte au Congo belge de Russules annelées, décrites par Beeli, a étendu l'aire de répartition de ces formes. Puis notre récent voyage en Côte d'Ivoire et Guinée (février-mai 1939) et de nouveaux envois faits de Madagascar par M. R. Decary ont enrichi nos connaissances sur ce groupe, nous permettant de compléter ici nos précédentes conclusions.

Un premier résultat en découle : il confirme l'importance qu'offrent les Russules annelées dans la mycoflore tropicale africaine, et le fait que les deux stirpes, *annulata* et *radicans*, apparaissent toujours conjointement, la

---

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2101 ; 203, 1936, p. 108.

(2) Roger Heim, *Les Lactario-Russulés du domaine oriental de Madagascar* (Lab. Crypt. Mus. Nat.), Paris, 1938.

première, fort polymorphe, constituant la plus fréquente des Russules tropicales sylvestres, aussi bien dans la forêt ombrophile de l'Est et les bois à Chlénacées et tapias du centre de Madagascar que dans la haute sylve guinéenne et libérienne et la grande forêt sèche congolaise.

Nos récoltes montrent à nouveau que le voile peut subsister sous de nombreux aspects : anneau double ou simple, et mobile, bourrelet soudé au stipe, couronne péripiléique caduque ou non, bandes piléiques radiales et marginales, large écaille membraneuse sur le chapeau, enfin furfurations floconneuses. Tous ces aspects relictuels, qu'on peut rencontrer non seulement chez une même espèce mais sur un même individu, appartiennent donc à un voile (adné au voile général toujours fugace) propre au péridium et seulement à lui.

La distinction des deux espèces-types ne contredit pas des homologies frappantes entre elles; chez ces deux stirpes on retrouve à la fois des formes à pigment piléique jaune orange (*R. annulata aurantia* H. et *lutea* H., *annulatolutea* B.; *R. radicans* H.), ou gris violacé (*R. annulata violacea* H. et *asterospora* H.; *R. pellicularia* H.), ou encore jaune ou rouge sur le péridium et violacé sur le stipe (*R. annulatosquamosa* B.; *R. xylophila* B.). Les formes non annelées voisines montrent des particularités pigmentaires analogues.

L'adaptation à un mode de vie non proprement terricole est commune à toutes ces formes : prolongement radiciforme du stipe, disque membraneux basal, mycélium tenace, rhizoïdes en chevelu. L'adaptation incomplète à la vie lignatile, exprimée par ces dispositifs, s'accentue dans *R. xylophila* de même que dans les *Lactariopsis* annelés, déjà lignicoles, pour devenir totale chez *R. discopoda* nob., forme pelliculaire guinéenne, non annelée mais affine à *annulata*. On peut interpréter cet habitat comme conforme à un degré phylétique relativement peu évolué, mais aussi comme le reflet d'une particularité générale présentée par de nombreuses espèces charnues dans l'atmosphère humide de la sylve tropicale, riche en débris ligneux. Il est en effet remarquable que nous ayons récolté en forêt, à Madagascar comme en Afrique Occidentale, de nombreuses espèces *lignicoles* appartenant à des genres qui, en Europe, sont *exclusivement terricoles : Lepiota*, *Rhodophyllus*, *Cantharellus*, *Psalliota*, *Strobilomyces*, etc.

De même, si la nature pelliculaire de la chair piléique constitue un important caractère commun à toutes ces Russules, il conviendrait de distinguer ce qui, dans cet indice, n'appartient qu'à l'influence du milieu. En effet, dans la forêt tropicale humide, le pourcentage d'Agaricacées à

chair mince est énorme; nombreuses sont celles, affines à des formes boréales dont le chapeau possède en Europe une chair épaisse (*Armillariella mellea; Collybia maculata*, *butyracea; Clitocybe nebularis; Marasmius peronatus*, etc.), qui montrent sous les tropiques un péridium pelliculaire et des lamelles en nombre restreint. Bien entendu, la striation profonde et les cannelures transversales du chapeau, correspondant aux lamelles et à leurs anastomoses d'où découle la formation de godets hyméniens successifs, doivent être considérées comme conséquence directe de la minceur de la chair piléique.

Ainsi convient-il de distinguer, dans les caractères morphologiques remarquables de ces Russules, ce qui peut appartenir originellement à l'espèce et ce qui résulte de l'adaptation à l'atmosphère tropicale sylvatique, comparable à une étuve expérimentale, offrant des conditions physiques relativement fixes, dans une succession saisonnière peu marquée.

Pour conclure, ces observations font apparaître l'intérêt des Russules tropicales voilées au triple point de vue floristique, morphologique et biologique.

ZOOLOGIE. — *Remaniement dans la classification des Poissons Apodes appartenant à la famille des Serrivomèridés*. Note de M. **Léon Bertin**.

Roule et Angel (1933) ont décrit, sous le nom de *Paraserrivomer hasta* (Zugmayer), 36 Poissons Apodes appartenant à la famille des Serrivomèridés et provenant des Campagnes océanographiques du Prince de Monaco. Suspectant, pour diverses raisons, l'authenticité de ce nouveau genre et l'emploi de cette désignation spécifique, je me suis rendu à Monaco, en juillet 1939, pour réétudier les spécimens en question. De mes recherches résulte ce qui suit :

I. *Le genre* Paraserrivomer *n'est pas distinct du genre* Serrivomer *Gill et Ryder* (1883).

a. Les caractères différentiels invoqués sont inexistants ou insuffisants. Les mâchoires ne sont pas plus grêles dans un genre que dans l'autre. Le renflement charnu et dépourvu de support squelettique qui les termine existe chez les spécimens les plus âgés et les mieux conservés des deux genres. Les rayons dorsaux et anaux, et non ces derniers seulement, sont bifurqués à leur base et formés de deux pièces accolées chez *Paraser-*

rivomer comme chez *Serrivomer*. Enfin les nombres de rayons indiqués par Roule et Angel doivent être modifiés de la sorte : 133 à 160 rayons dorsaux au lieu de 125; 116 à 142 rayons anaux au lieu de 119. Ainsi rectifiés, ces nombres concordent avec ceux de *Serrivomer beani*.

b. L'étude ostéologique a été faite chez un *Paraserrivomer* de grande taille, préalablement coloré à l'alizarine et éclairci à la potasse glycérinée. La comparaison des résultats de cette étude avec les documents de même sorte rassemblés, pour les *Serrivomer*, par Trewavas (1932) et par Beebe et Crane (1936) ne fait que confirmer l'identité des deux genres. Les minimes différences constatées sont au plus des différences spécifiques (voir ci-dessous).

II. *L'espèce* Paraserrivomer hasta *est voisine mais distincte de l'espèce* Serrivomer beani *Gill et Ryder* (1883).

a. Les deux espèces ont en commun le faisceau des caractères suivants : un certain nombre de rayons branchiostèges dépassant en avant l'os hyoïde sur lequel ils s'insèrent; nombre des rayons anaux inférieur à 150; distance préanale généralement inférieure au quart de la longueur totale. Ces caractères les opposent aux autres espèces de *Serrivomer*.

b. Les deux espèces se distinguent l'une de l'autre par les caractères ci-dessous : opercule demi-circulaire et premier rayon branchiostège (celui qui est inséré sur l'hypohyal) ne dépassant pas l'hyoïde chez *P. hasta*; opercule triangulaire ou mieux en soc de charrue et premier rayon branchiostège dépassant l'hyoïde chez *S. beani*.

III. *L'espèce* Paraserrivomer hasta *ne peut conserver ce nom spécifique*.

En effet :

a. Zugmayer (1911) a dénommé *Gavialiceps hasta* un Poisson qui est très distinct des *Serrivomer* par ses dents maxillaires et vomériennes minuscules, ses nageoires impaires à peine distinctes et la privation de nageoires pectorales.

b. Roule et Angel (1933) ont passé par dessus ces différences et n'ont pas craint d'identifier leur *Paraserrivomer* au *Gavialiceps hasta* sans avoir revu le type de cette dernière espèce.

c. Le type en question n'existe plus au Musée de Monaco. Le bocal qui devrait le contenir est occupé par un *Serrivomer* dont les dimensions ni les caractères ne concordent avec ceux du type véritable. On suppose que ce dernier, par suite d'une erreur de réexpédition, a été conservé au Musée de Munich où travaillait Zugmayer. En tout cas, il ne peut être permis d'en interpréter ou d'en modifier la diagnose sans l'avoir examiné à nouveau.

Conclusion. — *Paraserrivomer hasta* de Roule et Angel est une espèce de *Serrivomer* voisine de *Serrivomer beani* Gill et Ryder. Ne pouvant lui conserver son nom spécifique, qui préjuge à tort d'une analogie avec un Poisson tout différent, je propose de lui donner le nom de *Serrivomer parabeani*.

Le genre *Serrivomer* comprend ainsi deux groupes d'espèces : d'une part *Serrivomer beani* Gill et Ryder (1883) et *Serrivomer parabeani* Bertin (1940); d'autre part *Serrivomer sector* Garman (1899) et *Serrivomer brevidentatus* Roule et Bertin (1924).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'aptérisme des Coléoptères des îles australes et sa répercussion héréditaire.* Note (1) de M. **R. Jeannel**, présentée par M. Louis Bouvier.

Les *Mouches sans ailes* des îles Kerguelen ont toujours frappé l'imagination des voyageurs, et cet aptérisme a été l'objet des controverses des biologistes. On a généralement tendance à l'expliquer par le mécanisme d'une sélection de mutations germinales fortuites, mais utiles chez des êtres perpétuellement exposés à des vents violents.

A la vérité tous les insectes des îles Kerguelen sont aptères; mais l'aptérisme est un phénomène évolutif très général, qui se produit dans bien des domaines et certainement sous certaines influences de milieu.

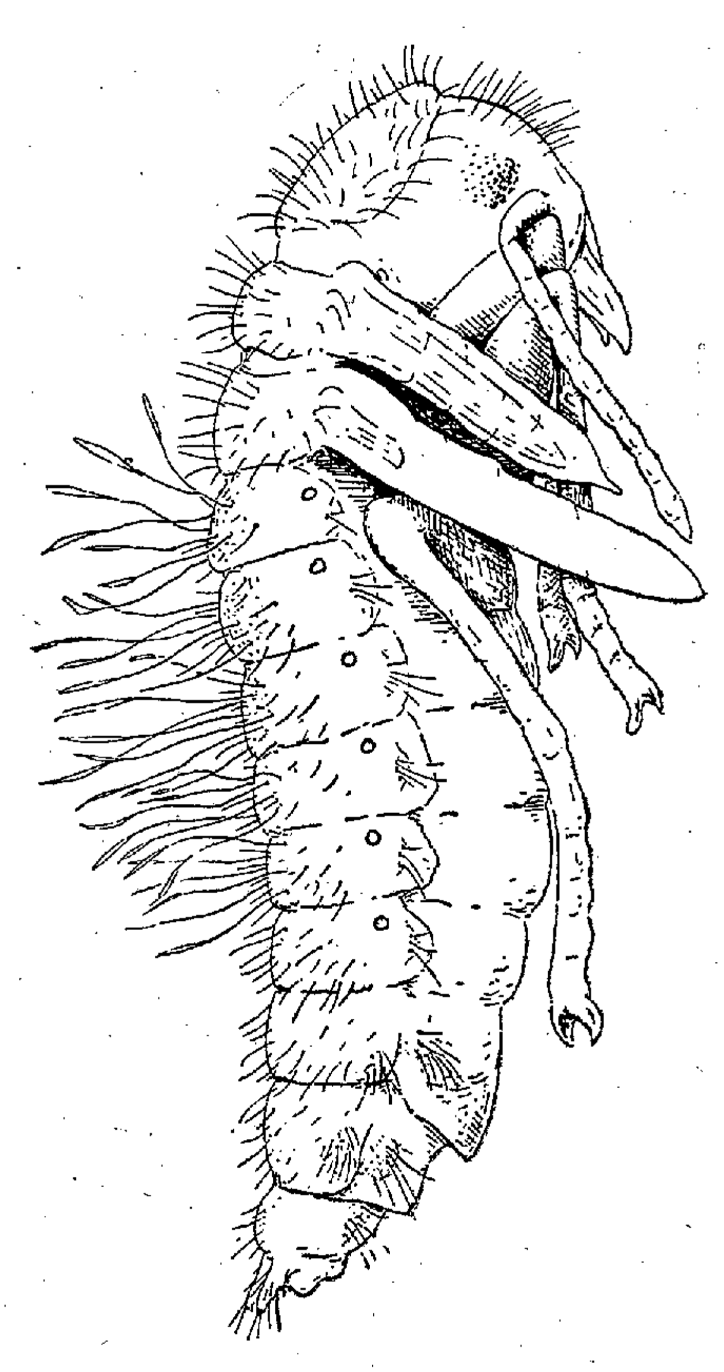
Au cours de l'ontogénèse, l'aile de l'Insecte est caractéristique de l'état parfait; elle est comme le couronnement de la métamorphose. Or l'achèvement de la métamorphose nécessite des conditions physiques de milieu adéquates. Leur défaut a pour conséquence tous ces cas de néoténie, où les individus obtiennent leur maturité sexuelle avant l'achèvement de la métamorphose. L'aptérisme chez les Insectes est un phénomène du même ordre que la néoténie. Il se produit lorsque les espèces ne trouvent plus les conditions physiques nécessaires à leur plein développement.

Ainsi s'explique, il me semble, l'aptérisme des espèces émigrées au loin sous des climats froids, celui des espèces montagnardes, ou encore l'aptérisme des lignées séniles, trop anciennes, et partant trop spécialisées pour supporter de légères variations des conditions de température, d'humidité, auxquelles elles s'adaptaient au début de leur évolution. Si les faunes

(1) Séance du 29 juillet 1940.

subantarctiques renferment une telle proportion d'espèces aptères, ce n'est pas le fait d'une sélection dirigée par les grands vents d'ouest, mais c'est parce que cette faune est très ancienne, formée de reliques du Secondaire.

L'aptérisme des Coléoptères des îles australes semble donc très ancien. Malgré cela, toutes les espèces ont gardé un petit vestige de l'aile membraneuse. Ce vestige est formé par une petite languette membraneuse et hyaline, sur laquelle se voient de petits nodules chitineux; elle s'insère



Nymphe de l'*Amblystogenium pacificum* Putz., de profil, montrant la ptérothèque postérieure entièrement développée, mais vide.

immédiatement en avant du premier stigmate abdominal. J'ai constaté sa présence aussi bien chez les Carabiques que chez les Staphylinides ou les Curculionides répandus sur toutes les îles australes. Je ne crois pas d'ailleurs que ce vestige manque chez aucune espèce aptère connue.

Tout d'abord, voyons la nymphe du Carabique *Amblystogenium*

pacificum Putz., des îles Crozet. Comme toutes les nymphes du même groupe, elle a deux paires de *ptérothèques*, ou fourreaux alaires.

La ptérothèque antérieure est la plus courte; elle se termine par un petit cul-de-sac en doigt de gant, qui est sans doute le témoin héréditaire de toute la partie distale de la première aile, partie disparue au cours de l'évolution qui a fait de cette aile un élytre. Cette ptérothèque antérieure renferme l'ébauche de l'élytre, qui se voit distinctement par transparence, avec ses nervures. La prolifération des disques imaginaux de l'aile, sur la partie tergo-pleurale du métathorax, a poussé cette ébauche dans la ptérothèque nymphale qu'elle remplit.

La ptérothèque postérieure de la nymphe de l'*Amblystogenium* est aussi développée que celle de n'importe quel Carabique ailé. Elle dépasse légèrement la longueur de la ptérothèque antérieure. Mais chez l'*Amblystogenium*, elle est vide; c'est une longue évagination membraneuse, translucide; on n'y trouve qu'un très petit moignon d'ébauche alaire dans sa partie basale.

Chez les Staphylinides austraux (*Antarctophytosus*, *Antarctotachinus*), les choses sont un peu différentes. La ptérothèque antérieure renferme une ébauche d'élytre normale; mais la ptérothèque postérieure est réduite. Elle est plus courte ici que l'antérieure, plus courte que chez les espèces similaires ailées. L'étui nymphal de l'aile a donc subi chez le Staphylinide aptère un premier degré d'atrophie qu'on ne constate pas chez le Carabique.

La régression des ptérothèques postérieures est enfin plus avancée encore chez les Curculionides du groupe des *Ectemnorrhinitae*, tous aptères. Chez eux, la ptérothèque postérieure est très courte, mais elle loge toujours dans son intérieur un bourgeon imaginal très petit, bien plus court que la ptérothèque.

Il me semble pouvoir tirer de ces constatations les quelques observations suivantes :

Chez l'espèce ailée normale, l'aile se forme au stade nymphal par la prolifération du disque imaginal qui donne un bourgeon alaire. Ce bourgeon, en grandissant, soulève le tégument de la nymphe, dont l'évagination constitue comme l'étui du bourgeon, la ptérothèque. L'évagination de la ptérothèque a certainement été déterminée par la croissance du bourgeon alaire; elle résulte de la coaptation mécanique d'un tissu d'enveloppe extensible sur un organe en voie d'accroissement rapide.

L'atrophie des ailes se manifeste par l'arrêt de développement des disques imaginaux alaires. Il se forme un petit bourgeon qui cesse rapi-

dement de croître et par conséquent d'agir sur ses enveloppes. Mais l'évagination de la ptérothèque, modification somatique acquise, s'est inscrite dans le patrimoine héréditaire; elle continue de se produire, malgré la suppression de sa cause.

Ainsi l'aile imaginale s'atrophie, sans jamais disparaître totalement, parce que l'individu n'est plus dans les conditions de milieu adéquates pour parfaire sa métamorphose. Mais la ptérothèque, organe nymphal, n'est nullement influencée, sans doute parce que la vie ralentie de la nymphe, abritée dans sa logette souterraine, l'exclue en quelque sorte du milieu externe et exerce sur ses organes une influence conservatrice.

D'ailleurs, si la ptérothèque nymphale se montre aussi isolément héréditaire, ne suivant pas la régression du bourgeon alaire, il faut constater que sa résistance à l'atrophie ne doit pas être indéfinie. Après la disparition de sa cause, elle finira à la longue par entrer elle aussi en régression; mais ce ne sera qu'après un nombre immense de générations. Peut-être aussi son atrophie surviendra-t-elle plus tôt dans certaines lignées que dans d'autres. Le fait est que la ptérothèque postérieure se maintient héréditairement normale chez le Carabique *Amblystogenium*, alors qu'elle entre en régression chez les Staphylinides et paraît beaucoup plus atrophiée chez les Curculionides.

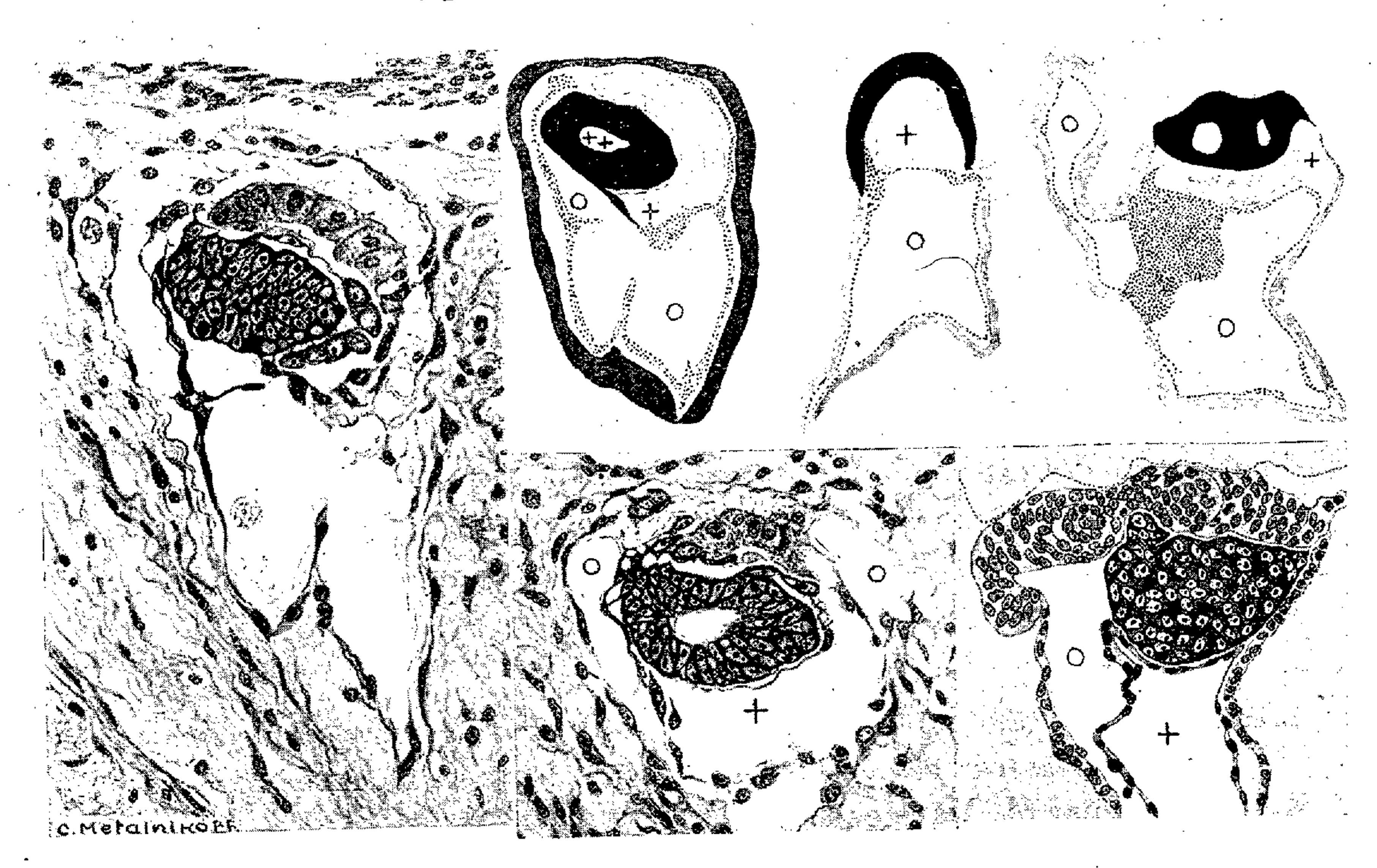
EMBRYOLOGIE TÉRATOLOGIQUE. — *L'œuf parthénogénétique de l'homme et ses analogies avec celui de certains singes.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

Mes recherches antérieures ont mis en évidence, dans le testicule de l'homme et des Mammifères, l'existence d'une parthénogenèse polyembryonique, au cours de laquelle une lignée souche d'origine mâle engendre des œufs identiques à ceux de la gestation utérine par leur structure, leur évolution et leurs phénomènes d'organisation (tout au moins jusqu'à l'apparition des somites).

Ce matériel va permettre d'étudier la question des homologies de l'œuf humain avec celui des singes, déjà envisagée dans les études d'Hubrecht et de Hill, mais qui n'avait pu être résolue ni même abordée méthodiquement, parce qu'on ne dispose pas, chez l'homme, des stades précoces précédant la fixation dans l'utérus. Or les embryomes viennent précisément de me révéler ces stades, qui n'étaient encore connus que chez les Primates et d'autres Mammifères. En particulier, la tumeur 11013, dans laquelle le

nombre des boutons successivement développés atteint plusieurs centaines de milliers, m'a permis d'étudier une série de jeunes stades correspondant à celui qui est représenté dans la figure ci-dessous.

La vésicule amnio-ectoblastique y est constituée d'éléments à noyaux allongés et irréguliers, dont le cytoplasme basophile (avec grains et vacuoles d'excrétion) présente une teinte foncée (violet ou lilas) après le



La figure montre deux sections voisines (l'une à gauche, l'autre au milieu et en bas) du bouton décrit dans le texte; ce dernier est d'autre part figuré schématiquement (au milieu et en haut) en couleurs conventionnelles : amnio-ectoblaste en noir, entoblaste en gris clair, mésoblaste en pointillé, les cavités cœlomiques extra-embryonnaires étant désignées par un cercle. On a représenté en gris foncé, dans le schéma, l'emplacement du sac trophoblastique qui, en réalité, fait presque complètement défaut au niveau de ce bouton. La partie droite de la figure reproduit, d'après Hubrecht, les dispositions de trois œufs de *Tarsius*; l'un est en vue réelle (en bas et à droite), les deux autres (en haut et à droite) sont en couleurs conventionnelles, le trophoblaste y est représenté en gris clair.

Giemsa, le Romanowsky, ou une coloration combinée à la fuchsine basique-azur II. Au contraire, les éléments endoblastiques, par ces mêmes méthodes, restent clairs ou à peine colorés en bleu pâle, alors qu'ils se colorent fortement en rose après l'hématéine éosine; ce revêtement reste mince et endothéliforme au niveau du segment ventral de la vésicule entoblastique, encore mal délimité du cœlome extra-embryonnaire. Par

contre, il s'épaissit au niveau du futur diverticule antéro-allantoïdien, dans la région caudale. D'autre part on peut voir, dans la section figurée au milieu et en bas, des éléments ectoblastiques en voie de glissement pour constituer l'endoblaste; leur coloration en violet foncé ne laisse aucun doute sur leur origine. Dans la figure schématique (au milieu et en haut), cette zone de migration de l'ectoblaste a la forme d'une languette noire. Le bouton ainsi constitué par les deux vésicules ento- et ectoblastiques est circonscrit par un espace clair, d'architecture variable, qui représente le mésoblaste extra-embryonnaire; ses cavités en voie de confluence correspondent au cœlome. L'excellente fixation du matériel et la netteté du contraste dû à la coloration par la fuchsine-azur II, ne laissent aucun doute sur la nature de ces diverses formations.

Il est évident que la cavité cœlomique extra-embryonnaire a précédé, dans son apparition et dans son creusement, la cavité entoblastique. Or cette apparition précoce et ce volume prépondérant de la première, empêchant l'étalement de la seconde à la face interne du sac trophoblastique, constituent précisément des caractères fondamentaux de l'œuf simien, mis en évidence par Hubrecht chez *Tarsius* et confirmés par Hill. Les trois œufs de *Tarsius*, représentés dans le côté droit de la figure, montrent, dans la topographie et la structure des feuillets, une concordance évidente avec les dispositions de notre œuf parthénogénétique; ce dernier, qui est sans doute le plus jeune des œufs humains connus, a été choisi entre des dizaines d'autres (analogues ou même moins avancés), simplement parce que la distinction et l'inégalité de volume des cavités entoblastique et cœlomique y sont particulièrement nettes, malgré la disparition accidentelle ou secondaire du trophoblaste.

La séance est levée à 15h25m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1940.

La mécanique ondulatoire du photon. Une nouvelle théorie de la lumière. Tome premier : *La lumière dans le vide*, par Louis de Broglie. Paris, Hermann et Cie, 1940 ; 1 vol. 25cm,5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AOUT 1940.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le douloureux devoir de faire part à l'Académie du décès de notre Confrère Breton, décédé à Bellevue le vendredi 2 août dans sa soixante-neuvième année.

Jules-Louis Breton, né le 1er avril 1872, à Courrières (Pas-de-Calais), a eu une carrière à la fois politique et scientifique. Député du Cher en mai 1898 à vingt-six ans, et toujours réélu à de fortes majorités, il devint sénateur en 1921. Il fut au Parlement l'auteur ou le rapporteur de nombreuses lois sociales (notamment celle interdisant l'emploi de la céruse dans les travaux de peinture et celle dite *loi Breton* relative aux dommages causés par les maladies professionnelles). Il soutint avec ardeur toutes les mesures propres à relever notre natalité. Titulaire en janvier 1920 du premier *Ministère de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociales*, il porta plus particulièrement son attention sur la santé publique, les familles nombreuses et l'amélioration des logements ouvriers.

Mais, s'il fut très absorbé par les travaux législatifs, il n'abandonna point les études et recherches scientifiques. « Je n'ai d'ailleurs », a-t-il écrit, « jamais cessé de vivre dans mon laboratoire et les trop rares moments que je pouvais y consacrer à des travaux scientifiques furent toujours les meilleurs de ma vie. »

Ces travaux de Jules Breton se répartissent en deux catégories.

Les unes sont des recherches d'ordre électrique (ampoules radio-

graphiques, dynamos, action des ondes sur les limailles, courants de grande fréquence etc.).

Les autres, sur les peintures, ont été inspirés à Jules Breton par le désir de connaître à fond la question quand il fut chargé en 1903 du Rapport parlementaire sur le projet de loi tendant à prohiber l'emploi de la céruse dans les travaux de peinture (étude comparative des peintures à base de plomb et de zinc, nature physique et chimique des différentes peintures, leur pouvoir couvrant, émanations toxiques des peintures fraîches à base de céruse etc.).

Dès le début de la guerre 1914-1918, Jules Breton fut frappé par l'importance considérable que prenaient les réseaux de fil de fer et les tranchées et par les difficultés éprouvées pour venir à bout de ces obstacles à l'aide des moyens couramment pratiqués, mines et artillerie. Au mois de novembre 1914, il envoya au Ministre de la Guerre un premier projet d'engin automobile pour la destruction des réseaux; il obtint d'en faire construire un modèle, expérimenté en janvier 1915. Il modifia ensuite ce modèle et le rendit apte à circuler en tous terrains et à franchir des tranchées par l'utilisation de tracteurs à chenilles. Il reconnut aussi la nécessité de le munir d'un blindage et d'un armement (canon ou mitrailleuses). Le char de combat était né.

Les travaux de Jules Breton dans des domaines si divers le conduisirent naturellement à faire partie dès septembre 1914 de la *Commission supérieure des Inventions intéressant la Défense nationale*. En novembre 1916, il devenait *Sous-Secrétaire d'État des Inventions intéressant la Défense nationale;* puis en avril 1917 tous les Services militaires techniques passèrent sous ses ordres directs, il fut *Sous-Secrétaire d'État des Inventions, des Études et des Expériences techniques*. Après la suppression de ce Sous-Secrétariat d'État en novembre 1917 pour diminuer le nombre des membres du Gouvernement, Jules Breton accepta de diriger encore « en mission non rétribuée » tous les travaux entrepris par cet important organisme. Après l'armistice, il resta toujours « en mission non rétribuée » à la tête de la *Direction des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions*, œuvre de paix substituée à l'œuvre de guerre qu'il avait dirigée. Quand cette Direction fut transformée par la loi du 19 décembre 1922 en *Office national des Recherches scientifiques et industrielles des Inventions*, Jules Breton devint naturellement Directeur de celui-ci. Alors s'ouvrit à Bellevue un vaste domaine à son activité. Entouré de collaborateurs d'élite, il donna aux recherches de toute nature une impulsion féconde.

Il serait trop long de les énumérer ici. Il fut le chef qui conseille et qui dirige. A ce titre ces recherches, même en n'étant point son œuvre personnelle, sont pour lui de beaux titres scientifiques.

On lui doit la création du Salon des Arts ménagers dont les importants bénéfices ont contribué très largement au fonctionnement de l'Office.

Jules Breton conserva ses fonctions de Directeur de l'Office jusqu'à sa mise à la retraite en 1936. Les circonstances de cette retraite, les attaques plus ou moins intéressées dont l'Office avait été l'objet, sa suppression ou plutôt sa transformation sont encore présentes à toutes nos mémoires. Elles ne furent pas sans attrister profondément les dernières années de notre confrère.

Le 29 novembre 1920, l'Académie des Sciences l'avait appelé dans son sein, à titre de Membre libre, succédant à Adolphe Carnot. Ceux de nos Confrères qui appartenaient à l'Académie dans ces temps déjà lointains, se rappellent sans doute les circonstances de cette élection mouvementée. Jules Breton n'avait pas posé sa candidature en temps voulu et la Commission chargée de dresser la liste des candidats ne put y inscrire son nom. Quand cette liste fut présentée à l'Académie, en Comité secret, de nombreux membres demandèrent que le nom de Jules Breton y fût ajouté. Douze académiciens prirent la parole en sa faveur, parmi lesquels le Maréchal Foch, qui rappela le rôle joué par lui dans l'invention des chars de combat. Il fut ajouté à la liste à la presque unanimité de 46 voix sur 48 et élu à la séance suivante.

Hélas, depuis longtemps il n'assistait plus à nos séances. Un mal implacable le clouait dans son fauteuil. Presque entièrement paralysé, n'y voyant plus que d'un œil, c'est par des mouvements de lèvres transmis à d'ingénieux dispositifs qu'il arrivait à participer à toutes les manifestations de notre vie active contemporaine. Il pouvait ainsi ouvrir ou fermer sa fenêtre, téléphoner, exécuter électriquement sur un tableau noir les schémas de ses projets, tourner les pages d'un livre, boire dans un gobelet, amener sa nourriture à portée de sa bouche, regarder à l'aide d'une lunette par la fenêtre de sa villa, etc. Après quarante années d'existence politique et scientifique intense, son cerveau avait conservé toute sa lucidité, mais, privé de l'aide indispensable de ses appareils, son corps n'était plus qu'une masse inerte à la merci de sa secrétaire et de son *ange gardien*. Imaginons-nous ce qu'a été pendant de longues années le martyre d'un Confrère qui a tant fait pour le pays, qui a si courageusement supporté son destin douloureux. Souhaitons de trouver, dans la détresse présente de la France, beaucoup d'hommes comme Jules Breton.

LITHOLOGIE. — *Conclusions de l'étude des laves des volcans situés au Sud de l'Équateur, dans la bordure de la zone circumpacifique.* Note (1) de M. **Alfred Lacroix**.

Les paramètres magmatiques des laves émises par les volcans du Sud de l'Équateur, se trouvant dans la bordure de la zone circumpacifique, donnés dans une Note précédente (2), joints à l'étude minéralogique de ces roches, conduisent à des conclusions, ainsi condensées :

Ces laves possèdent les caractéristiques de celles des autres parties de la zone circumpacifique, c'est-à-dire des laves *dacito-andésitiques*, à silice libre potentielle; elles sont associées à des basaltes, eux-mêmes pourvus souvent de silice en excès. Quelques types exceptionnels sont à y ajouter qui renferment aussi de la silice libre. C'est par ces propriétés que s'affirme surtout le contraste de cet ensemble avec celui des laves intrapacifiques :

Partout où les observations ont permis d'effleurer la question de la succession des épanchements volcaniques, on a constaté que l'émission de cette série dacito-andésitique a précédé des basaltes (3) ou a alterné avec ceux-ci.

A l'exception du volcan Benbow (Tanna) l'épanchement dont la lave actuelle est une *andésite*, et du volcan sous-marin Falcon (Tonga), aux manifestations explosives, qui projette un *dacitoïde*, tous les volcans éteints à *appareil conservé*, et ceux actuellement actifs, sont de nature basaltique.

La grande majorité des laves dacito-andésitiques ont des pyroxènes (augite ou pigeonite, accompagnées ou non d'hypersthène) pour barylites, mais il existe aussi un type amphibolique; le plus souvent sa hornblende (phénocristaux et microlites) n'est pas résorbée, ce qui montre que la roche constitue surtout des dômes ou des dykes; il semble qu'elle provient toujours de mises en place anciennes.

Je n'ai observé la silice libre exprimée à l'état de quartz que dans une roche microgrenue, véritable *dacite* amphibolique; partout ailleurs cette silice reste à l'état potentiel et par suite les autres roches sont des *dacitoïdes*; la tridymite n'a été observée que dans quelques échantillons.

---

(1) Séance du 22 juillet 1940.

(2) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 37.

(3) La plupart des roches considérées par Sir Douglas Mawson comme les plus anciennes (antemiocènes ou miocènes) sont généralement fort altérées (épidote, chlorite, ouralite, quartz, etc), aussi elles ont été seulement étudiées micrographiquement et n'ont pas été analysées, sauf quelques exceptions.

La structure de ces dacitoïdes est en général hyalopilitique ou pilotaxitique, mais, à Epi, ont été rencontrées des intrusions de même composition chimique qui ont une structure doléritique, leur pyroxène est une *pigeonite*.

Dans la même île et à Tanna, des tufs pyroclastiques renferment de gros blocs de diverses roches grenues et notamment de types oligoclasiques et pyroxéniques, à structure intersertale, riches en quartz et en *micropegmatite* d'orthose et de quartz; peut-être ont-ils la même origine que la roche précédente et ont-ils été arrachés par des explosions à des gisements plus ou moins rapprochés de la surface et appartenant à la série tertiaire de composition chimique voisine. Dans ce cas, ils seraient les homologues des blocs de microtinites que j'ai recueillis jadis en abondance dans les tufs dacitiques de l'île Phira à Santorin ([1]). Une autre hypothèse consisterait à les considérer comme d'âge plus ancien et comme faisant partie du substratum de ces îles.

Les *andésites* ont la même composition minéralogique qualitative que les dacitoïdes, toutes renfermant de la silice libre potentielle, mais en moindre quantité; elles ne paraissent pas comporter de types amphiboliques.

Une mention spéciale est à indiquer pour la lave rejetée actuellement par le Benbow; l'activité continue de ce volcan est très voisine du type *hawaïen*, dynamisme exceptionnel pour un volcan andésitique; son magma est riche en assez gros phénocristaux de plagioclases, noyés dans un verre très fluide, donnant des fils d'*obsidienne capillaire* et des bombes en *bouse de vache*, boursoufflées par de volumineuses et nombreuses bulles gazeuses.

La plupart de ces andésites sont soit andésiniques, soit labradoriques, à deux exceptions près; l'une est de nature *oligoclasique* (bloc dans un tuf de Tanna); l'autre, *bytownitique* (d'après une analyse de Sir Douglas Mawson), provient de l'île Mau.

Enfin tous les termes de la série dacito-andésitique sont caractérisés par la structure zonée de leurs plagioclases. Le centre des cristaux est riche en pourcentage d'anorthite, il est entouré par des zones de moins en moins calciques, néanmoins le *plagioclase moyen*, calculé, reste d'ordinaire plus labradorique qu'andésinique, quelle que soit la teneur en silice libre de l'ensemble de la roche.

Dans toutes ces propriétés se reconnaissent les caractéristiques de la série

---

([1]) *Comptes rendus*, 130, 1900, p. 346.

dacito-andésitique de la ceinture circumpacifique, à laquelle se rattachent les Antilles.

Les *basaltes* ne sont pas aussi spécifiques que les roches précédentes quand ils existent seuls, ce qui est rarement le cas ici, aussi ne manquent-ils pas d'intérêt du point de vue auquel je me place. Sur 20 échantillons analysés, dont les plagioclases sont toujours zonés, la moitié appartient à des *basaltes* α. A Futuna, la silice libre atteint la limite des *sakalavites* : les trois analyses (2, 3 et 6) de ma précédente Note montrent le passage de cette sakalavite à un basalte pauvre en silice libre. De cette composition, il résulte que l'olivine, parfois assez abondante, est *entièrement réactionnelle*, ce qui explique pourquoi ses cristaux sont généralement dépourvus de formes géométriques et parfois cerclés de grains de pigeonite.

A une unité près, ces basaltes ont une teneur en barylites (Σ_b) inférieure à 50 %, et beaucoup établissent un passage aux dacitoïdes. On ne peut donc les en séparer génétiquement. Tous sont labradoriques.

La seconde moitié consiste en *basaltes* β. Cinq ont leur silice saturée par rapport aux oxydes bivalents; les cinq autres ont un léger déficit de silice par rapport aux alcalis : dans un seul cas, la teneur en néphéline virtuelle atteint 4,75 %, et influe sur le paramètre $q = 5$ (6). Cette roche, d'ailleurs, n'est pas un véritable basalte, mais une forme holocristalline doléritique conduisant à une *luscladite;* elle a été recueillie à l'état de bloc à Tanna.

Deux seulement de ces basaltes β sont andésiniques, les autres sont labradoriques. Les deux roches qui, par leur teneur en barylites, paraissent se rapprocher des andésites, s'en éloignent par l'absence de silice libre caractéristique des andésites α décrites plus haut.

Il faut noter que ces basaltes sont pour la plupart relativement pauvres en barylites; on ne rencontre parmi eux ni ces *ankaramites* typiques ni ces *océanites* si abondantes parmi les laves de la zone intrapacifique.

En terminant, j'appellerai l'attention sur le *rhyolitoïde* à *plagioclases*, de Vaté, très vitreux (ponce et perlite, etc.), dépourvu d'orthose exprimée; certains échantillons sont exceptionnellement riches en *tridymite*, dont l'accumulation globulaire de lamelles donne à la roche un aspect oolithique.

Un seul échantillon de *trachyte* a été trouvé dans un tuf de Tanna.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les lames minces hydrophiles.*
Note de M. **Henri Devaux.**

J'ai montré ([1]) que l'étude de la mouillabilité de la surface du mercure par la formation d'une buée permet de constater, sur ce métal liquide, l'existence de souillures ou de lames minces quelconques.

Cette méthode, irréalisable pour les lames minces formées sur l'eau, s'applique avantageusement au contraire pour les souillures existant non seulement sur le mercure mais aussi sur toutes les surfaces solides polies, particulièrement le verre ([2]) et les métaux.

J'ai fait remarquer du reste que la mouillabilité n'est pas un phénomène de même ordre que la tension superficielle ou la cohésion latérale, c'est une manifestation d'attraction perpendiculaire à la surface, un phénomène d'adhérence se réalisant même avec des souillures monomoléculaires *discontinues*, comme ceci a lieu aussi avec la résistance au frottement ([3]) et encore plus directement par la diminution de la volatilité ([4]) ou de la solubilité (teintures).

Au point de vue de la mouillabilité qu'elles confèrent, les substances peuvent être classées en substances hydrophiles et en substances hydrophobes, les premières rendant les surfaces mouillables par l'eau, les secondes les rendant non mouillables. Ayant publié des études spéciales ([1]) sur ces dernières, je dois maintenant parler des revêtements hydrophiles.

Les substances capables de s'étendre sur le mercure et de manifester de l'hydrophilie sont nombreuses. Elles comprennent la plupart des sels, des acides et des bases, les sucres, la dextrine, les gommes etc.

La plupart sont solubles dans l'eau, mais quelques substances solubles sont hydrophobes en lames superficielles. Tels sont l'iodure de mercure, le savon par exemple parmi les sels; tels sont aussi le phénol, le camphre parmi les substances organiques. Le cas bien connu des savons permet de penser qu'il s'agit alors de molécules douées d'une hétéropolarité très forte.

Pour faire cette étude, on serait donc porté à employer des solutions

---

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1343; *Bull. Soc. franç. de Physique*, n° 421, 3 juin 1938, p. 103 S.

([2]) *Bull. Soc. franç. de Physique*, n° 182, 1923, p. 184 S; *Journal de Physique*, 6e série, 1923, p. 293.

([3]) *Bull. Soc. franç. de Physique*, n° 203, 1924, p. 84 S.

([4]) *Bull. Soc. franç. de Physique*, n° 290, 1930, p. 52 S.

aqueuses, car elles s'étendent très facilement sur le mercure; puis l'eau s'évapore laissant la substance étendue à tel degré de dilution que l'on désire. Mais une perturbation spéciale survient alors, c'est l'altération que subit la surface du mercure sous l'influence de l'eau des solutions aqueuses. Une lame mince d'eau distillée, évaporée sur le mercure, laisse celui-ci hydrophile, faisant disparaître ainsi l'hydrophobie normale que possède une surface neuve de mercure ([5]). La même chose a lieu avec les solutions diluées, de sorte que l'hydrophilie, finalement observée, est causée en partie par la couche mercurielle altérée.

Pour supprimer ce trouble, il convient dès lors, dans l'étude de la mouillabilité, d'éviter le plus possible la présence de l'eau pendant la formation de la lame, ce que l'on réalise facilement en employant la substance soit à l'état de solution très concentrée, soit même à l'état de grains de poussière déposés directement sur le mercure et sur lesquels on envoie de la vapeur d'eau saturante. Ces deux procédés, employés pour le sucre, ont donné les résultats suivants :

Essais sur le sucre. — 1° Une très petite gouttelette de sirop de sucre, c'est-à-dire d'une solution de sucre très concentrée, déposée sur une surface de mercure fraîchement renouvelée, s'étend brusquement en une belle nappe uniforme absolument invisible. Si la gouttelette est suffisamment petite, l'extension s'arrête brusquement, montrant une lame circulaire rigoureusement limitée. A ce stade, on peut affirmer qu'il existe une équilibration parfaite des tensions tangentielles, celle de la région libre et celle de la région sucrée. Rien ne les distingue à ce point de vue.

Mais il n'en est pas de même dans le sens normal à la surface. On le constate facilement en envoyant de la vapeur d'eau saturante avec la bouche. On voit aussitôt que le mercure libre se couvre d'une buée sombre, tandis que le mercure garni de sucre reste brillant. C'est que la surface de mercure libre, fraîchement formée, se mouille mal, elle se couvre de fines gouttelettes, tandis que le mercure garni d'une pellicule de sucre attire l'eau et la retient en une pellicule continue transparente. La grande affinité du sucre pour l'eau se maintient donc encore jusque dans les couches les plus minces qu'il soit possible de réaliser, ce qui établit une liaison directe entre la mouillabilité et la solubilité.

Des mesures spéciales ont du reste montré que, dans cette lame étendue

---

([5]) *Proc. Verb. de la Soc. des Sc. phys. et nat. de Bordeaux*, 1926-1927, p. 152 à 157.

au maximum, les molécules sont distantes les unes des autres, elles sont séparées par des intervalles avoisinant un diamètre moléculaire. Il est à noter aussi que la lame se dilate quand elle reçoit de la vapeur d'eau et se contracte (incomplètement) quand l'eau reçue s'évapore.

La lame ainsi produite (en partant d'une solution concentrée) est parfaitement fluide et elle le reste encore quand on réduit sa surface à un dixième de sa valeur. Le sucre est donc en surfusion dans la lame; mais il ne cristallise pas, même à la longue, bien qu'elle ait perdu la très petite quantité d'eau qui entrait dans sa constitution originelle. Elle reste en même temps très hydrophile.

2° Au lieu d'opérer avec une solution concentrée de sucre, on peut répandre sur le mercure propre et talqué quelques grains très fins de sucre en poussière. A sec, ces grains n'écartent pas le talc. Mais dès qu'on envoie de la vapeur d'eau, ce qui les dissout en partie, chacun d'eux émet un petit cercle qui grandit progressivement et au centre duquel le grain s'agite faiblement. Pour rendre l'expérience plus frappante, on peut, auparavant, déposer sur le mercure une trace d'huile ou de sebum insuffisante pour garnir la totalité de la surface, puis, au milieu de la lame grasse produite, quelques granules de sucre. Dès qu'on envoie de la vapeur d'eau avec la bouche, une buée blanche très visible révèle la couche grasse, et au milieu d'elle chaque grain de sucre donne un cercle noir tranchant vivement sur la buée qui l'environne. On a, dans ce cas, simultanément, la révélation d'une lame hydrophobe et d'une lame hydrophile, l'une et l'autre à l'état de surextension.

Cette jolie expérience réussit aussi avec les autres sucres (glucose, lévulose etc.), les gommes (gomme arabique, gomme adragante) et des sels variés. Parmi ces derniers, le sulfate mercurique, le chlorure de magnésium, le bromure et l'iodure de potassium et de sodium, le nitrate d'alumine etc., donnent, même à sec, un voile d'écartement du talc sur le mercure, sans doute en absorbant de la vapeur d'eau par hygroscopicité.

Conclusions. — Mes Notes antérieures, relatives aux modifications de la mouillabilité des surfaces solides ou liquides, se rapportaient à la *diminution de la mouillabilité* par des couches monomoléculaires. La Note actuelle se rapporte à l'*augmentation de la mouillabilité* par des substances variées. L'ensemble de ces Notes montre que, *dans tous les cas, il suffit d'une couche distendue au maximum, c'est-à-dire où les molécules n'agissent plus sur la tension superficielle, pour modifier la mouillabilité dans le sens négatif ou dans le sens positif.* Ce fait tient, comme nous le disions au début, à ce

que la mouillabilité est un phénomène d'adhérence, analogue à l'adsorption, et se manifestant encore avec puissance alors que les souillures sont en trop faibles proportions pour agir sur la tension superficielle.

M. Henri Perrier de la Bâthie offre à l'Académie le premier des tomes consacrés aux *Orchidées dans la Flore de Madagascar* (*Plantes vasculaires*), publiée sous les auspices du Gouvernement général de Madagascar et la direction de H. Humbert, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Cette intéressante famille est la plus importante de la Grande Ile : elle ne comporte pas moins de 750 espèces. Le tome II de cet important Ouvrage est actuellement à l'impression à Tananarive.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Topologies faibles dans les espaces vectoriels.* Note de M. Jean Dieudonné.

1. Divers résultats sur les équations linéaires dans les espaces normés (1), ou dans les espaces vectoriels topologiques non normés, dont les éléments sont des *suites de nombres* (2), se rattachent en réalité à la conception plus générale de *dualité faible;* c'est ce que je me propose de faire voir dans cette Note, pour le second cas. Les résultats de cette théorie générale permettent d'ailleurs de compléter les théorèmes précités de M. Banach sur les équations linéaires dans les espaces normés (3).

2. Soient E, E' deux espaces vectoriels par rapport au corps **C** des nombres complexes (non munis nécessairement de topologies); supposons donnée une *fonction bilinéaire* $B(x, x')$, définie dans $E \times E'$, à valeurs

(1) S. Banach, *Opérations linéaires*, chap. X, p. 145-150 (Warszawa, 1932); F. Hausdorff, *Journ. de Crelle*, 167, 1932, p. 294-311.

(2) Voir G. Köthe, *Math. Ann.*, 116, 1939, p. 719-732, et plusieurs mémoires antérieurs de cet auteur et de O. Töplitz (bibliographie dans le Mémoire cité).

(3) Les notations et la terminologie topologiques utilisées dans cette Note sont celles des *Éléments* de N. Bourbaki (*Act. scient. et ind.*, nos 846 et 858, Paris, 1940); la théorie exposée ci-après a d'ailleurs son origine dans une Note de cet auteur (*Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1701-1704). Les démonstrations seront publiées ultérieurement.

complexes, et telle que : 1° si $B(x, x') = 0$ quel que soit x dans E, $x' = 0$; 2° si $B(x, x') = 0$ quel que soit x' dans E', $x = 0$. Soient $x^i (i = 1, 2, \ldots, n)$ un nombre fini de points quelconques de E', et $V(x'_1, x'_2, \ldots, x'_n)$ l'ensemble des points x de E tels que $|B(x, x'_i)| \leqq 1$ pour $i = 1, 2, \ldots, n$; lorsque n et les x'_i sont pris arbitrairement, les V constituent un *système fondamental de voisinages de l'origine* O *de* E dans une topologie d'espace *localement convexe* ([1]) *séparé*, qu'on désignera par $\sigma(E, E')$, et qu'on appelle topologie *faible* définie par E' sur E. On définit symétriquement la topologie faible $\sigma(E', E)$; ces deux topologies sont dites en *dualité faible*.

3. Le cas particulier le plus important est celui où E est déjà muni d'une topologie $\mathfrak{T}$ d'espace *localement convexe séparé*, et où E' est l'ensemble des *formes linéaires continues* sur E (au sens de la topologie $\mathfrak{T}$), $B(x, x')$ étant ici la fonction $x'(x)$; E', non muni d'une topologie, est dit *dual* de E (E étant considéré comme espace topologique de topologie $\mathfrak{T}$); E', muni de la topologie $\sigma(E', E)$, est dit *dual faible* de l'espace E. Les topologies $\sigma(E, E')$ et $\sigma(E', E)$ sont dites *associées* à $\mathfrak{T}$; $\sigma(E, E')$ est *moins fine* que $\mathfrak{T}$; toutefois, tout ensemble *convexe* dans E (en particulier toute *variété linéaire*), qui est *fermé* pour la topologie $\mathfrak{T}$, est encore *fermé* pour $\sigma(E, E')$.

Si A est un sous-espace vectoriel *partout dense* dans E, le dual de A peut être *identifié* à E' en tant qu'espace vectoriel non topologique; mais la structure $\sigma(E', A)$ est *distincte* de $\sigma(E', E)$ si $A \neq E$, comme il résulte du théorème 1 ci-dessous.

4. Revenons au cas général envisagé au n° 2.

THÉORÈME 1. — *Toute forme linéaire continue dans* E, *muni de la topologie* $\sigma(E, E')$, *est identique à une fonction* $B(x, x'_0)$, *où* x'_0 *est un point de* E'; *et réciproquement, une telle fonction est continue dans* E.

Si E est un espace localement convexe séparé de topologie $\mathfrak{T}$, E' son dual, toute forme linéaire continue dans E pour la topologie $\sigma(E, E')$ est continue pour la topologie $\mathfrak{T}$, et réciproquement. Il en résulte que, si A est un sous-espace vectoriel de E, le *dual* de A est le *même*, qu'on munisse A de la topologie induite par $\mathfrak{T}$ ou de celle induite par $\sigma(E, E')$. De même, si A est *fermé*, le *dual* de l'espace quotient E/A est le *même*, qu'on munisse cet

---

([1]) Cf. J. VON NEUMANN, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 37, 1935, p. 1. Toutefois nous ne supposons pas remplie la condition de *dénombrabilité* qui figure dans la définition de M. von Neumann, et qui est superflue pour notre objet.

espace de la topologie quotient de $\mathfrak{C}$ par A ou de la topologie quotient de $\sigma(E, E')$ par A.

5. Un point x de E et un point x' de E′ sont dits *orthogonaux* si $B(x, x') = 0$. On désigne par M^* l'ensemble des éléments x' de E′ orthogonaux à tous les éléments x d'une partie M de E; définition analogue pour une partie de E′.

Théorème 2. — M^* *est un sous-espace vectoriel fermé dans* E′ [pour $\sigma(E', E)$]; M^{**} *est le sous-espace vectoriel fermé engendré par* M.

6. Soit A un sous-espace vectoriel de E, muni de la topologie *induite* par $\sigma(E, E')$; c'est un espace localement convexe séparé; soit A′ son dual. A′ est aussi le dual de l'*adhérence* $\overline{A}$ de A dans E.

Théorème 3. — *La topologie* $\sigma(A, A')$ *est identique à la topologie induite sur* A *par* $\sigma(E, E')$. *La topologie* $\sigma(A', \overline{A})$ *est isomorphe à la topologie quotient par* A^* *de la topologie* $\sigma(E', E)$.

Il en résulte que, si A est *fermé*, le dual faible F′ de l'espace quotient $E/A = F$, est isomorphe au sous-espace A^* de E′, et la topologie quotient sur F est identique à $\sigma(F, F')$.

7. Considérons maintenant deux couples E, E′ et F, F′ respectivement en *dualité faible* par des fonctions bilinéaires $B(x, x')$, $C(y, y')$ satisfaisant aux conditions du n° 2. Une application linéaire u de E dans F est dite *faiblement continue* si elle est continue pour les topologies $\sigma(E, E')$ et $\sigma(F, F')$.

Théorème 4. — *Pour que u soit faiblement continue, il faut et il suffit que pour tout* y'_0 *de* F′, $C[u(x), y'_0]$ *soit une forme linéaire continue dans* E.

Il existe alors un x'_0 et un seul de E′ tel que $C[u(x), y'_0] = B(x, x'_0)$. On pose $x'_0 = u'(y'_0)$; u' est une application linéaire *continue* de F′ dans E′, qu'on appelle la *transposée* de u. La transposée de u' est de nouveau u.

Il est immédiat que $[u(E)]^* = G$ n'est autre que $u'^{-1}(O)$, d'où $\overline{u(E)} = G^*$.

Théorème 5. — *Pour que* u' *soit un homomorphisme* ([5]) *de* F′ *dans* E′, *il faut et il suffit que* $u(E)$ *soit fermé dans* F [*pour* $\sigma(F, F')$].

([5]) Pour la définition d'un *homomorphisme* d'un groupe topologique dans un autre, voir A. Weil, *Act. Scient. et Ind.*, n° 863, Paris, 1940, p. 11; ou encore H. Freudenthal, *Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 46-56, où ce que nous appelons *homomorphisme* est appelé *homomorphisme conservant les domaines* (gebietstreu).

Corollaire ([6]). — *Pour que l'équation* $y_0 = u(x)$ *ait une solution quel que soit* $y_0 \in F$, *il faut et il suffit que* u' *soit un isomorphisme de* F′ *dans* E′; *pour que cette solution soit unique, il faut et il suffit en outre que* $\overline{u'(F')} = E'$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Distribution des nombres naturels en progressions géométriques n'ayant aucun terme commun. Applications.* Note ([1]) de M. **O. Marcus**, présentée par M. Henri Villat.

Le nombre 1 étant mis à part, nous nous proposons dans ce qui suit de distinguer parmi les entiers positifs 2, 3, ..., n, ... ceux qui sont une puissance de quelque autre entier de ceux qui ne sont une puissance d'aucun autre entier, cette première classification permettant de distribuer tous ces entiers en une infinité de progressions géométriques, constituant autant de classes distinctes. Divers exemples montreront l'intérêt de notre classification en Arithmétique et en Théorie des Fonctions.

Soit $n > 1$ un entier naturel, supposé décomposé en facteurs premiers :

$$n = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_\nu^{\alpha_\nu}.$$

Désignons par δ le p. g. c. d. des α et posons

$$n' = n^{\frac{1}{\delta}} = p_1^{\frac{\alpha_1}{\delta}} p^{\frac{\alpha_2}{\delta}} \ldots p_\nu^{\frac{\alpha_\nu}{\delta}}.$$

On sait que les α/δ sont des entiers premiers entre eux et, par suite, l'entier n' n'est une puissance d'aucun autre entier.

Définition. — Le nombre n sera dit une *base* ou une *puissance* suivant que $\delta = 1$ ou $\delta > 1$.

Pour abréger, nous dirons que *le nombre* n *a pour base le nombre* (*naturel*) $n' = n^{1/\delta}$, et qu'*il est du degré* δ. Notons que, tout comme la suite des nombres premiers, qui en forme un sous-ensemble, l'ensemble des bases est infini; il est d'ailleurs évidemment dénombrable.

Nous désignerons désormais une base quelconque par la notation b et nous numéroterons par un indice les éléments de la suite des bases *rangées par ordre de grandeur* : $b_1 (= 2)$, b_2, ..., b_h, ...

([6]) Cf. F. Hausdorff, *loc. cit.* On peut donner un critère de résolution de $y_0 = u(x)$ pour *un* y_0 déterminé, analogue à un critère de Köthe (*loc. cit.*); son énoncé précis est trop long pour être reproduit ici.

([1]) Séance du 29 juillet 1940.

Théorème. — *Il existe une correspondance biunivoque entre tout entier $n > 1$ et le système de deux entiers (h, k), où h est le numéro de la base, et k le degré de n.*

En effet 1° la décomposition d'un nombre en facteurs premiers étant unique, au nombre $n = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_\nu^{\alpha_\nu}$ correspond un et un seul entier $k (= \delta)$ p. g. c. d. des α et un entier unique, h, numéro de $b_h = n^{1/k}$, la base de n; 2° étant donnés le numéro h de sa base et son degré k, le nombre n sera déterminé par l'égalité

$$n = (b_h)^k = b_h^k.$$

Ce théorème permet de réaliser la classification annoncée. En effet, la réunion des progressions géométriques illimitées

$$\div\div b_h : b_h^2 : \ldots : b_h^k : \ldots \qquad (h = 1, 2, \ldots),$$

adjonction faite de l'unité, prise isolément, renferme tous les nombres naturels, chacun de ces nombres autre que 1 faisant partie d'une progression et d'une seule.

Applications. — *a.* Observons qu'un terme b_h^k de nos progressions ne peut être à la fois puissance $p^{\text{ième}}$ et puissance $q^{\text{ième}}$ d'entiers naturels, que si k est un multiple commun de p et de q, condition d'ailleurs suffisante.

Par suite, si l'on dispose ces progressions en un tableau à double entrée, dans lequel h sera le numéro des lignes, et k celui des colonnes, on verra aisément qu'en effaçant les colonnes de rang impair, on aura un tableau (je ne dis pas une Table) des carrés des nombres 2, 3, 4, ...; de même, en effaçant les 1re et 2e colonnes, les 4e et 5e colonnes etc., on formera un tableau des cubes. On pourra procéder d'une manière analogue pour obtenir un tableau des puissances d'ordre quelconque.

b. Le théorème précédent met en évidence une correspondance typique d'où résulte l'égalité des puissances de l'ensemble des nombres naturels et de l'ensemble des nombres rationnels.

c. La célèbre série de Riemann

$$\zeta(s) = \sum_n \frac{1}{n^s},$$

par un groupement convenable de ses termes, peut s'écrire sous la forme toute différente

$$\zeta(s) = 1 + \sum_b \frac{1}{n^s - 1};$$

où les notations $\sum\limits_n$ ou $\sum\limits_b$ indiquent que la sommation $\sum$ doit s'étendre à toutes les valeurs entières de n, ou *aux bases seules*.

d. En appliquant notre classification aux exposants de la série de Taylor particulière

$$\frac{1}{1-z}=1+z+\ldots=1+\sum_n z^n,$$

nous pourrons l'écrire

$$\frac{1}{1-z}=1+z+\sum_n \varphi_n(z),$$

en prenant $|z|<1$, et posant

$$\varphi_n(z)=z^{b_n}+z^{b_n^2}+\ldots+z^{b_n^m}+\ldots.$$

Or on sait que chacune de ces séries $\varphi_n(z)$ admet le cercle de convergence $|z|=1$ comme coupure essentielle !

Il serait intéressant de rechercher par quel processus l'addition de l'ensemble de ces fonctions $\varphi_n(z)$ compense les singularités essentielles.

Des considérations analogues peuvent d'ailleurs s'appliquer à la série de Taylor la plus générale, avec un rayon de convergence $R>0$:

$$f(z)=a_0+a_1z+\ldots=a_0+\sum_n a_n z^n,$$

laquelle, par l'application de l'intégrale de Cauchy

$$f(z)=\sum \frac{1}{2\pi i}\int_{(C)}\frac{f(t)\,dt}{t-z},$$

pourra, d'après ce qui précède, se mettre sous la forme

$$f(z)=a_0+a_1z+\sum_n \psi_n(z),$$

en posant

$$\psi_n(z)=a_{b_n}z^{b_n}+a_{b_n^2}z_{b_n^2}+\ldots=\frac{1}{2\pi i}\int_{(C)}\frac{f(t)}{t}\varphi_n\left(\frac{z}{t}\right)dt.$$

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence des électrolytes sur la tension superficielle des solutions de lécithine.* Note de M. **Augustin Boutaric** et de Mlle **Paulette Berthier.**

Neuschloss ([1]) a signalé que l'addition des sels les plus divers a pour effet d'élever la tension superficielle des solutions de lécithine, la tension passant par un maximum pour une concentration du sel d'autant plus faible que la valence du cathion est plus grande. Ces résultats, obtenus à partir de mesures dynamiques de la tension superficielle, sont en désaccord avec les conceptions de Dubrisay ([2]), d'après lesquelles la présence d'électrolyte diminue la solubilité de nombreuses substances organiques de masse moléculaire élevée, augmente l'adsorption de ces substances, et, par suite, réduit la tension superficielle de leurs solutions. Les résultats d'expériences antérieures sur les tensions superficielles des solutions de saponine ([3]), de bile ([4]), de savons ([5]) étant en plein accord avec les prévisions qu'on peut tirer de la théorie de Dubrisay, il nous a paru intéressant de rechercher si les solutions de lécithine se comportent vraiment d'une manière différente à l'égard des électrolytes.

Nos expériences ont porté sur des lécithines de provenances diverses (Poulenc, Merck) dont les solutions aqueuses étaient obtenues soit comme le faisait Neuschloss par dilution d'une solution éthérée, soit directement par mise en contact de la lécithine avec l'eau. Toutes les solutions ont été préparées à 0° et conservées à la même température afin d'éviter leur altération; les tensions superficielles ont été mesurées par la méthode d'arrachement au moyen du tensiomètre de Lecomte du Noüy.

Le tableau ci-contre donne, pour des milieux solvants constitués par des solutions salines de diverses concentrations : 1° la tension superficielle γ_0 de ces milieux; 2° les abaissements $\gamma_0 - \gamma$ de la tension superficielle relevés à 2min., 15min., 30min., 1h. pour une concentration en lécithine de 5g par litre.

([1]) *Pflüger's Arch.*, **181**, 1920, p. 17; **187**, 1921, p. 136 et *Koll. Zeitsch.*, **27**, 1920, p. 292.

([2]) *Études de chimie capillaire* (*Congrès des Sociétés savantes*, Rouen, 1926).

([3]) A. Boutaric et P. Berthier, *Bull. Soc. chim. France*, 5e série, **6**, 1939, p. 804.

([4]) A. Boutaric, P. Berthier et M. Roy, *Bull. Soc. chim. biolog.*, **21**, 1939, p. 1050.

([5]) J. Powney, *Trans. Farad. Soc.*, **31**, 1935, p. 1510; Long, Natting et Harkins, *J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 2197.

Solvant.	γ_0.	$\gamma_0-\gamma$ au bout de 2 min.	15 min.	30 min.	1 h.
Eau	73,4	27,4	30,9	32,8	36,2
ClNa 1.10⁻³N	73,4	26,6	29,5	30,8	35,5
5. »	73,4	29,2	31,9	34,7	35,7
10. »	73,5	33,7	34,5	36,5	36,2
100. »	74,2	39,0	37,9	36,3	36,3
Cl^2Ba 4. »	73,4	31,0	33,4	36,1	36,1
40. »	73,8	40,1	36,5	36,5	36,5
Cl^3Al 1.10⁻⁴N	73,4	30,8	31,7	34,0	35,6
10. »	»	42,4	36,5	38,7	38,7
Cl^4Th 1.10⁻⁴N	»	28,0	28,6	28,8	30,8
2,5. »	»	29,0	29,5	32,2	32,3

Dans presque tous les cas la présence de sel a pour effet d'accroître l'écart $\gamma_0-\gamma$ entre la tension superficielle du milieu solvant et celle du même milieu additionné de lécithine; l'augmentation, variable avec la teneur et la nature du sel, est la plus forte pour les mesures faites peu après la formation de la couche superficielle et va en s'atténuant en fonction du temps; les valeurs de $\gamma_0-\gamma$ au bout d'une heure, sont à peu près indépendantes de la présence des sels sauf pour Cl^4Th.

Les résultats ci-dessus se rapportent à des solutions de lécithine préparées à partir de solutions éthérées. Les solutions obtenues par contact direct de la lécithine et de l'eau ont fourni des résultats analogues. Les mesures stalagmométriques indiquent également que la présence d'électrolytes entraîne une légère diminution de la tension superficielle.

Ces résultats, en opposition complète avec ceux de Neuschloss, montrent que les solutions de lécithine se comportent, relativement à l'influence des électrolytes sur la tension superficielle, comme les solutions de nombreuses substances à masse moléculaire élevée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation systématique d'une essence naturelle (essence de Shiu)*. Note de M. **Léon Palfray**, présentée par M. Marcel Delépine.

Déjà en 1935 nous avons mis en évidence l'importance des modifications produites, dans un certain nombre d'essences naturelles, par l'hydrogénation catalytique [1].

---

(1) L. Palfray et S. Sabetay, *Hydrogénation catalytique des huiles essentielles* (*XVe Congrès de Chimie industrielle de Bruxelles*, 1935. Numéro spécial de *Chimie et Industrie*, p. 762).

Dans les essais de cette époque, qui étaient ceux d'une exploration préliminaire, nous élevions la température jusqu'au point où il ne se manifestait plus d'absorption d'hydrogène, toutes les liaisons incomplètes étant saturées.

Grâce à l'enregistrement simultané de la température et de la pression, nous pouvons maintenant observer la vitesse d'hydrogénation correspondant à une température donnée et, par conséquent, discerner, dans le cas du mélange complexe que représente une essence naturelle, les divers paliers qui correspondent à la saturation de telle ou telle liaison incomplète. Nous pouvons ainsi, après chaque étape, analyser le produit et le comparer au composé initial sous ses divers aspects : physique, chimique et physiologique. On connaîtra donc le meilleur mode de traitement à lui imposer, soit pour une utilisation plus avantageuse de l'essence elle-même, soit pour la préparation de tel ou tel composant qu'on peut en tirer.

C'est à une étude de ce genre que nous avons soumis l'*essence de Shiu*. Originaire de Formose, elle n'est pas très estimée par elle-même et son nom japonais *Kusaabura* signifie *l'essence qui sent mauvais*, mais elle est la principale source du linalol, et de là vient son importance.

Ses éléments constitutifs sont, d'après Gildemeister ([2]), formol, *d*-α-pinène, cinéol, dipentène, linalol, *d*-camphre, eugénol, safrol.

I. *Vitesses relatives d'hydrogénation.* — D'après la nature et le nombre de ces constituants, on comprend qu'il est impossible d'isoler la phase qui correspond à chacune des liaisons incomplètes. Aussi nous sommes-nous fié au diagramme d'une hydrogénation d'essai pour comparer les vitesses aux paliers : 35°, 60°, 180°, l'opération portant sur une charge de 200^g, en présence de 4^g de nickel Raney, sous une pression initiale d'hydrogène de 100 atm.

Les valeurs observées sont

Température.	*dp/dt.*	Vitesse relative.
35°	15:180 = 0,083	1
60	5:45 = 0,111	1,33
180	11:10 = 1,1	13,3

Pour l'étude des produits eux-mêmes, nous avons été amené à choisir d'autres températures et nos analyses sont relatives à des paliers un peu

([2]) Gildemeister et Hoffmann, *Die aetherische Oele*, 3^e Aufl. 1939, II, 694.

différents, à savoir 22°, 38-40°, 65°, 145°, 240°, comme on le verra dans le tableau récapitulatif.

II. *Données analytiques.* — Tout naturellement, nous avons mesuré les constantes fondamentales : densité, indice de réfraction, polarisation, viscosité, indice d'iode, indice d'acidité, indice d'ester avant et après formylation; nous en avons spécialement déduit la teneur en fonction alcool (exprimée en linalol), et la teneur en carbonyle (exprimée en camphre). Et à ce propos, nous devons mentionner que, pour l'indice d'iode, et après de nombreuses applications, nous avons donné la préférence à la méthode de H. T. Kaufmann (3); pour l'estérification du linalol (alcool tertiaire) à celle de L. S. Glichitch (4) ou formylation à froid; pour le dosage du camphre, à celle de R. Vandoni et G. Desseigne (5) ou oximation à chaud, en présence de CO^3Ca. Nous pensons que beaucoup de résultats aberrants, dans le passé, sont dus à l'emploi de méthodes défectueuses.

Tableau des constantes comparées.

Produit.	d_4^{15}.	n_D^{20}.	α_D^{20}.	Viscosité relative.	I. I.	I. A.	I. E.	I. E. après formyl.	Linalol (%).	Camphre (%).
1 (1)..	0,8746	1,4620	−11°,20'	1	321	1,10	0	265	84	12
2 (2)..	0,8745	1,4600	− 9,50	1,02	261	1,10	0	270	86	12
3 » ..	0,8664	1,4520	+ 0,9	1,32	150	1,10	0	278	89	9
4 » ..	0,8635	1,4485	+ 0,14	1,34	1,33	1,10	0	273	87	4,5
5 » ..	0,8465	1,4352	0	1,69	0,10	1,10	0	269	86	0
6 » ..	0,7498	1,4145	0	0,60	0,02	1,10	0	14	4,2	0

(1) Essence primitive. — (2) Essence hydrogénée à 22°, 38°-40°, 65°, 145°, 240°.

Tableau des modifications olfactives.

Essence de Shiu initiale	odeur typique
» hydrogénée à 22°	nettement affinée
» » 35°	beaucoup plus affinée
» » 65°	odeur optimum
» » 145°	légèrement mentholée
» » 240°	odeur de carbure

(3) *Studien auf den Fettgebiet*, Berlin, 1935, p. 23.
(4) *Bull. Soc. Chim.*, **33**, 1923, p. 1284.
(5) *Bull. Soc. Chim.*, **2**, 1935, p. 1685.

Conclusion. — La saturation progressive se traduit par la modification, facile à suivre, des constantes.

A 65°, de *l'essence qui sent mauvais*, on a fait, en réalité, une essence nouvelle, de valeur bien supérieure.

A 145°, le linalol est transformé en diméthyloctanol correspondant, facile à préparer et à isoler, à partir d'une matière première peu coûteuse. Par distillation fractionnée, nous n'avons eu aucune peine à chasser la totalité du diméthyloctanol avant que le bornéol, issu du camphre, n'ait tendance à passer dans la colonne.

MINÉRALOGIE. — *Sur les propriétés optiques des sulfures de fer naturels. Anomalies de la pyrite.* Note (¹) de M. **Laurent Capdecomme**, présentée par M. Charles Mauguin.

J'ai effectué, au microscope, sur la pyrrhotite, la marcasite et la pyrite observées en lumière réfléchie, les déterminations qualitatives entre polariseurs croisés décrites dans des Notes précédentes (²).

Pyrrhotite (hexagonale). — Une face p (0001) montre une isotropie parfaite aussi bien sur un clivage brillant que sur une section polie mécaniquement.

Une section parallèle à l'axe sénaire, qui doit avoir le maximum d'anisotropie montre de nets déplacements des franges correspondant à des rotations dépassant 1°. Le plus grand pouvoir réflecteur est dans la direction de l'axe sénaire; la pyrrhotite est donc optiquement positive. Les couleurs de dispersion sont nettes : rouge violacé et bleuâtre. *L'anisotropie décroît en même temps que la longueur d'onde.*

Marcasite (orthorhombique). — Les sections polies p (001) et h^1 (100) montrent des rotations nettes de l'ordre de 1°; la section g^1 (010) présente des rotations beaucoup plus grandes, voisines de 2°. Suivant les axes a, b, c du cristal, les pouvoirs réflecteurs principaux se répartissent ainsi : R_g suivant a, R_m suivant b et R_p suivant c.

La dispersion de l'anisotropie fait apparaître des *couleurs très vives*, vert et rouge, sur les faces p et g^1, surtout sur p. La dispersion est peu marquée sur la section h^1. Dans tous les cas, *l'anisotropie décroît en même temps que la longueur d'onde.*

(¹) Séance du 5 août 1940.

(²) L. Capdecomme, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1824, et 208, 1939, p. 2086.

Application. — Une section taillée parallèlement aux faces p des cristaux d'une macle de la sperkise peut servir de lame auxiliaire pour fixer avec précision l'orientation des polariseurs. Elle fonctionne comme un bilame de Bertrand. Pour deux positions de la platine, à 180° l'une de l'autre, le champ ne devient parfaitement symétrique par rapport à la trace rectiligne de m, disposée diamétralement, qu'aux conditions suivantes : 1° les vibrations incidentes sont parallèles ou normales au plan de section principale du prisme de l'illuminateur ; 2° l'analyseur est rigoureusement croisé sur le polariseur.

Pyrite (cubique parahémièdre). — La symétrie de la pyrite implique une isotropie optique. Cependant plusieurs minéralogistes ont remarqué depuis longtemps [3] que les sections *polies mécaniquement* présentent une anisotropie susceptible de faire apparaître, sans attaque chimique, la structure d'un agglomérat [4].

J'ai trouvé une parfaite isotropie sur toutes les faces naturelles brillantes que j'ai observées. Elle apparaît même sur des cristaux très déformés mécaniquement.

Par contre, j'ai constaté sur des faces de monocristaux primitivement brillantes et isotropes que l'anisotropie est une conséquence régulière du polissage mécanique et est sous la dépendance de l'orientation cristallographique de la face polie.

Elle présente son maximum d'intensité sur les faces p. Les deux directions principales sont alors parallèles aux arêtes du cube.

Sur toutes les pyrites observées, le plus grand pouvoir réflecteur était parallèle aux stries naturelles.

Sur les faces $1/2\ b^2$, l'anisotropie est encore nette. Les directions principales sont l'une parallèle et l'autre normale à l'arête du cube. Ici, encore, l'orientation du plus grand pouvoir réflecteur m'a paru dépendre des stries naturelles et leur être parallèle.

Enfin, sur des faces a^1, je n'ai observé, après polissage, aucune anisotropie.

L'anisotropie superficielle produite par le polissage mécanique présente ainsi la même symétrie que le cristal sous-jacent.

---

(3) KOENIGSBERGER, *Centr. f. Mineral.*, etc., 1908, p. 597 ; J. ORCEL, *Bull. Soc. franç. Min.*, 48, 1925, p. 272 à 361.

(4) J. ORCEL, *Bull. Soc. franç. Min.*, 51, 1928, p. 213 ; H. SCHNEIDERHÖHN et P. RAMDOHR, *Lehrbuch der Erzmikroskopie*, Bd. II, Berlin, 1934, p. 159.

J'ajouterai que les anisotropies apparaissent surtout grâce aux dispersions qui indiquent une anisotropie croissant du bleu vers le rouge.

Je n'ai pas encore précisé la cause de ces curieuses anomalies optiques. Elles ne proviennent pas de tensions mécaniques, puisque l'anisotropie n'apparaît jamais sur des faces naturelles brillantes et qu'elle est très homogène sur les faces polies mécaniquement.

Les précautions prises pendant le polissage excluent la création de directions privilégiées au cours de cette opération.

L'hypothèse la plus simple est donc la formation, sur la pyrite, de films différents de celle-ci (oxydes anisotropes, pyrrhotite, marcasite ?) et orientés par le support. J'ai seulement vérifié jusqu'ici que ces films ne sont constitués ni par les oxydes, ni par la pyrrhotite, dont les dissolvants sont sans effets sur l'anisotropie. La formation de la marcasite paraît donc probable.

GÉOLOGIE. — *Observations sur les faciès du Néocomien dans les Alpes-Maritimes*. Note [1] de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Charles Jacob.

On sait que le Néocomien présente dans le Sud du département de la Drôme (fosse vocontienne de V. Paquier) un faciès uniformément vaseux. La partie supérieure de cet ensemble (Barrémien et Aptien inférieur) passe latéralement à des calcaires subrécifaux, aussi bien au Nord, dans le Vercors, qu'au Sud et à l'Ouest (Ardèche, Ventoux, Montagne de Lure). Dans les mêmes directions, mais beaucoup plus loin du centre de la fosse vocontienne, le Valanginien supérieur prend également un faciès subrécifal : calcaire du Fontanil au Nord, calcaire miroitant du Gard et calcaire blanc des environs de Marseille, au Sud.

Dans la direction du Sud-Est, c'est-à-dire dans les Alpes-Maritimes, le calcaire urgonien n'existe pas, et la modification latérale des faciès se produit de la façon suivante :

L'Aptien inférieur, qui n'est représenté que par quelques bancs à Barrême et Saint-André, disparaît plus au Sud, et une lacune sépare alors les marnes aptiennes des calcaires barrémiens (Chabrières). Les marnes aptiennes disparaissent elles-mêmes, et l'Albien, devenu glauconieux, repose alors directement sur le Barrémien.

(1) Séance du 5 août 1940.

Celui-ci, qui ne présente jamais aucun caractère récifal, s'amincit beucoup vers le Sud-Est. Sa partie inférieure devient marneuse : il contient, à partir de Chabrières et de Castellane, des intercalations glauconieuses fréquentes; le terme ultime de cet amincissement est fourni par les poches isolées à fossiles barrémiens glauconieux qui ont été signalées dans les calcaires blancs près de Grasse et de Vence.

L'Hauterivien ne montre pas les épais calcaires marneux à *Toxaster* qui annoncent les calcaires urgoniens partout où ceux-ci existent. Formé de marnes schisteuses avec quelques niveaux calcaires, il s'amincit en même temps que le Barrémien, et contient également des intercalations glauconieuses. Par place, celles-ci sont remplacées par des lentilles à oolithes ferrugineuses (Col des Lattes, Courségoules). Dans la partie aval du cours de l'Estéron et au Sud du Chéron, l'Hauterivien fossilifère repose directement sur les calcaires blancs. Ceux-ci comprennent donc, comme l'avait montré la découverte par Kilian de *Natica Leviathan* à Andon, le Valanginien en plus du Jurassique supérieur.

Le Valanginien marneux à Ammonites pyriteuses de la fosse vocontienne s'étend jusqu'à Castellane et la haute vallée du Var. La faune change vers le Sud, et prend un caractère plus littoral, avec prédominance de Bivalves fouisseurs *Panopœa neocomiensis*, *Pholadomya elongata*, *Pinna Robaldina*, *Toxaster granosus* etc. Dans une région très limitée, allant de la Palud de Moustiers à Comps, le sommet du Valanginien est marqué par un banc dur, peu épais, pétri d'*Alectryonia rectangularis* et de Serpules. Il semble s'agir là d'un faciès satellite du récif correspondant aux calcaires blancs qui s'étendent immédiatement à l'Est. Sur la rive gauche du Var, le changement de faciès du Valanginien s'observe d'une façon remarquable à la montagne de la Madone d'Utelle. Au Nord, au dessus du calcaire tithonique, présentant déjà quelques indices du passage aux calcaires blancs, le Néocomien, moins compact, montre une grande épaisseur, très monotone, de calcaires plus ou moins marneux. Le Valanginien inférieur nous a fourni, sous le village du Tour, *Hoplites Roubaudi*, *Neocomites neocomiensis*, *Polyptychites* sp., sous un faciès phosphaté. Sur le versant nord de la montagne de la Madone, seuls l'Hauterivien et le Barrémien sont caractérisés, grâce à deux bancs roussâtres, pétris de Bélemnites, avec quelques Ammonites très encroûtées. Lorsqu'on contourne la montagne par l'Ouest, on voit un banc de calcaire plus dur s'intercaler vers le tiers supérieur de la coupe, vraisemblablement au niveau du sommet du Valanginien, et s'épaissir rapidement vers le Sud, en donnant des escarpements importants.

Malgré quelques failles, on peut suivre le sommet de cette masse calcaire vers le Sud, où on la voit surmontée par l'Hauterivien et le Barrémien, avec leurs deux bancs fossilifères caractéristiques. Mais rien ne permet plus de distinguer le Valanginien, devenu complètement calcaire sur une distance d'un kilomètre, du Jurassique supérieur sous-jacent. Toute cette masse prendra, quelques kilomètres plus au Sud, le faciès des calcaires blancs.

Le Berriasien est très fossilifère à Chabrières et Saint-André. Un dernier gisement existe au-dessus de Moustiers, où le Jurassique supérieur présente déjà le faciès des calcaires blancs. Le Berriasien disparaît plus au Sud, et, sur les calcaires blancs, l'on voit reposer directement soit le Valanginien, soit l'Hauterivien. Le faciès zoogène des calcaires blancs comprend alors le Berriasien.

La région des Alpes-Maritimes s'est donc comportée jusqu'au Valanginien comme les autres parties marginales de la fosse vocontienne, la principale différence étant que les faciès récifaux y ont conservé une extension très peu variable, au lieu de subir un retrait au Valanginien inférieur et une extension au sommet de l'étage.

A l'Hauterivien et au Barrémien, au contraire, ce secteur se distingue absolument du reste de la bordure de la fosse vocontienne, où s'accumulaient des marnes à *Toxaster* très épaisses, sur lesquelles se sont déposés ensuite des calcaires zoogènes, formés d'organismes en place ou de leurs débris roulés. Dans les Alpes-Maritimes existait bien un haut fond relatif (100 à 400^{m}), comme l'indique l'abondance de la glauconie; mais sur ce haut fond la sédimentation était très peu importante; par places même, il n'y a pas eu de dépôt, sans qu'on puisse penser à une émersion, puisque des fossiles se retrouvent dans quelques poches; sans doute les courants étaient-ils particulièrement violents. Jamais des organismes constructeurs ne se sont établis dans cette zone. Peut-être la profondeur était-elle restée trop forte au Barrémien pour leur permettre de vivre, l'intensité des courants ayant empêché l'envasement à l'Hauterivien.

TECTONIQUE. — *Les points bas de la Craie dans les vallées du Thérain et de la Brèche (Oise).* Note de M. **René Abrard.**

Les nombreuses cotes d'altitude du sommet de la Craie fournies par les forages [1] permettent de bien mettre en évidence l'allure synclinale de la

[1] P. Lemoine, *Mém. Mus. Hist. nat.*, nouv. série, 5, 1938, III, Chap. II (voir p. 364-365).

vallée du Thérain. Ces cotes sont régulièrement décroissantes vers l'aval : — 38m,70 à Balagny-Saint-Épin, — 53m,70 à Cires-les-Mello.

Dans la vallée de l'Oise, le sommet de la Craie se trouve à — 56m,83 à Creil, et P. Lemoine le suppose à — 76m environ à Saint-Leu-d'Esserent, localité située dans le prolongement de la vallée du Thérain.

La région de Creil et du Thérain n'apparaît d'ailleurs pas comme un simple synclinal, mais comme une large zone dépressionnaire dans la Craie, caractérisée par des phénomènes de subsidence que les épaisseurs anormales du Thanétien et du Sparnacien permettent de constater. La vallée inférieure de la Brèche fait partie de la zone synclinale et des faits nouveaux montrent que celle-ci y est particulièrement accusée. En effet, un forage exécuté à Laigneville à la cote + 40m a été poussé jusqu'à 105m de profondeur (cote — 65m) sans atteindre la Craie. A 83m de profondeur, on a rencontré une marne blanche qui avait été considérée comme de la Craie, mais elle a été traversée et elle surmonte 6m de sables reposant sur une argile grise qui constitue le fond du forage et dans laquelle on a pénétré sur 5m. Il ne semble pas que les Sables de Bracheux proprement dits aient été atteints et on peut penser que la surface supérieure de la Craie se trouve vers la cote — 80m environ.

Ce point de Laigneville présente une anomalie très marquée si l'on constate que, à 5km à l'amont, à Rantigny, la Craie se trouve à la cote 0 [2] et que, à 3km,2 à l'aval, à Nogent-sur-Oise, elle a été rencontrée aux cotes — 43m,49 et — 41m,20. Laigneville marque donc un profond sillon dans la Craie.

Une autre observation doit être faite : tandis qu'à Rantigny la Craie se trouve à la cote 0, à Verderonne, à 3km,5 à l'Est, elle se trouve à la cote — 20m, et P. Lemoine a fait remarquer l'épaisseur insolite (58m) du Thanétien en ce dernier point [3]. Or Verderonne se trouve plus près que Rantigny des premiers affleurements du Sénonien.

A Angicourt, la surface supérieure de la Craie est à la cote — 24m,60 ; bien que cette cote soit en valeur absolue inférieure à celle de Verderonne, étant donné la situation géographique des deux localités, elle marque un affaiblissement du sillon vers le Sud.

D'autre part la cote de — 53m,70 à Cires-les-Mello, comparée à celle

---

(2) R. Abrard, *Annales des Mines*, 13e série, 15, 1939, p. 135-167, deuxième supplément (voir forage de Rantigny).

(3) *Loc. cit.*, p. 376.

de — 56^{m},83 à Creil, permet d'admettre aussi l'existence d'une dépression entre les deux localités.

On se trouve donc en présence de quatre points où le sommet de la Craie se trouve à des cotes anormalement basses : Verderonne, Laigneville, entre Cires-les-Mello et Creil, et Saint-Leu-d'Esserent ; on est ainsi conduit à admettre la possibilité de l'existence d'un sillon profond dans la Craie, assez exactement parallèle à la vallée de l'Oise et perpendiculaire à celles de la Brèche et du Thérain et aux axes tectoniques de la région.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'aimantation permanente de quelques échantillons de laves mexicaines.* Note (¹) de M. **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

L'étude de l'aimantation des roches volcaniques peut permettre, sous certaines conditions (²), de déterminer la direction (et peut-être aussi l'intensité) du champ magnétique terrestre à l'époque de l'éruption. Inversement, on peut espérer dater des coulées de lave par une étude magnétique. M. P. Rivet a imaginé d'utiliser cette méthode pour fixer quelques dates dans la chronologie des civilisations américaines; il pense que la détermination de l'âge de la grande coulée de la vallée de Mexico, dite *Pedregal de San Angel* serait la première à tenter à cause de son importance et de son apparence simple.

Le travail sur le terrain consisterait à prélever dans cette lave un assez grand nombre d'échantillons en repérant soigneusement leur orientation. Avant de l'entreprendre, il est indispensable de faire sur quelques fragments, recueillis sans précautions spéciales, une étude de certaines qualités de la lave. En effet, j'ai montré (³) que l'aimantation permanente de beaucoup de roches est mal définie; elle varie peu à peu, à la température ordinaire, sous l'influence du champ magnétique terrestre actuel. Une vérification de la stabilité de l'aimantation permanente est donc nécessaire; l'essai consiste à faire, pour chaque échantillon, deux déterminations du moment magnétique après des séjours de plusieurs semaines dans des positions différentes par rapport au champ terrestre. D'autre part, on doit déter-

---

(¹) Séance du 29 juillet 1940.

(²) E. Thellier, *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, **16**, 1938, p. 157 et *Thèse*, Paris, 1938, nº 2669.

(³) *Comptes Rendus*, **204**, 1938, p. 876 et *Thèse* (§ 90 et 91).

miner l'ordre de grandeur de l'intensité d'aimantation; si elle est très faible la mesure des composantes du moment magnétique devient peu précise, mais si elle est très forte la roche est encore inutilisable; elle n'a pas enregistré fidèlement le champ terrestre ancien à cause de la perturbation apportée à ce champ, pendant le refroidissement, par le champ démagnétisant de la coulée. De fortes valeurs de la susceptibilité magnétique ne sont pas non plus sans inconvénient ([4]).

Les résultats qui vont suivre sont relatifs à ces essais préalables faits sur quatre blocs de lave prélevés en 1930 par M. P. Rivet en différents points du Pedregal. M. R. Chevallier ([5]) a déjà étudié la direction d'aimantation de ces blocs qui avaient été, à cause de cela, recueillis avec un repérage sommaire d'orientation : face horizontale taillée sur chaque bloc et direction de la boussole tracée sur ces plans ([6]). La direction du moment magnétique est rapportée à ces repères : I représente l'inclinaison de ce moment sur la face plane et δ est l'angle que fait sa projection sur cette face avec la flèche tracée. M est le moment magnétique du bloc et σ son aimantation permanente spécifique en u. e. m. Les deux mesures sur chacun des blocs ont été séparées par un intervalle de temps de plus d'un an, le champ terrestre étant pendant ce temps opposé à l'aimantation permanente; il agissait dans le sens de l'aimantation avant la première mesure.

Numéro du bloc.	1re mesure (1er juillet 1939).				2e mesure (23 juillet 1940).			
	I.	δ.	M.	$\sigma.10^4$.	I.	δ.	M.	$\sigma.10^4$.
1...	38°	Quelques degrés à l'Est.	14,9	25,9	37°	Quelques degrés à l'Est.	14,9	25,9
2...	40°	Quelques degrés à l'Ouest.	17,3	36,7	40°	Quelques degrés à l'Ouest.	17,5	37,1
3...	28°	16° W.	16,5	35,5	28°	17° W.	16,7	36,0
4...	36°	15° W.	17,1	35,5	35°	13° W.	17,2	35,7

Les blocs 2, 3 et 4 sont d'aspect semblable, le bloc 1 est d'une lave plus compacte (densités voisines de 2,9 pour 1 et 2,5 pour 3). La susceptibilité magnétique spécifique déterminée sur des fragments détachés du bloc 3 est 200.10^{-6} u. e. m. environ.

([4]) E. THELLIER, *Thèse*, note ([1]), p. 136.

([5]) *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 11 S.

([6]) J'ai décrit un procédé qui rend ce prélèvement plus simple et plus précis [*Comptes Rendus*, 203, 1936, p. 743 et *Thèse* (§ 88)].

Cette étude permet les conclusions suivantes :

1° La stabilité de l'aimantation permanente de cette lave est remarquable. Le séjour prolongé dans le champ terrestre n'a apporté aucun changement aux moments. Les faibles écarts observés pour chaque bloc de la 1re à la 2e mesure sont dans la limite des erreurs probables, étant donnée l'imprécision des plans taillés.

2° La susceptibilité magnétique est faible; l'aimantation induite par le champ terrestre actuel est pratiquement négligeable devant l'aimantation permanente. Il est intéressant de rapprocher ce résultat de celui que j'ai trouvé déjà (7) pour une lave de Jan Mayen (d'ailleurs beaucoup plus magnétique) dont l'aimantation permanente était très stable et la susceptibilité relativement faible aussi.

3° L'homogénéité magnétique de cette roche aussi est remarquable. Les intensités d'aimantation des blocs 2, 3 et 4, pourtant recueillis à plusieurs centaines de mètres les uns des autres, sont pratiquement égales.

Grâce à cette homogénéité, on doit pouvoir distinguer facilement les points du terrain dont l'aimantation a été troublée par des champs intenses de courants dus à la foudre dont proviennent sans doute les différences d'aimantation considérables que l'on trouve entre des points voisins dans beaucoup de gisement de roches, des basaltes d'Auvergne par exemple. Un essai sur le bloc 4 a montré, en effet, que cette lave très peu sensible aux champs faibles prend, dans un champ d'une cinquantaine de gauss, une aimantation rémanente importante, propriété déjà étudiée sur les terres cuites (8).

4° L'aimantation de cette lave étant assez forte, on peut l'utiliser dans d'excellentes conditions avec des blocs de masse inférieure à 1kg. Mais, et c'est le seul inconvénient de cette lave, cette aimantation un peu forte a provoqué un champ démagnétisant de la coulée non négligeable; cependant avec des précautions lors du prélèvement on peut atténuer les erreurs dues à cette perturbation.

Ainsi la lave du Pedregal de San Angel semble être un témoin d'excellente qualité dont l'étude magnétique complète devrait être féconde.

---

(7) *Thèse*, § 91.

(8) E. Thellier, *Thèse*, § 71.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le calcul des* coefficients de variabilité différentielle *et leur application à l'analyse de l'hérédité de la dysharmonie de taille, et des gradients de croissance relative, chez* Gryllus bimaculatus *de Geer*, Gr. campestris *L. et leurs hybrides réciproques*. Note de M^lle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai donné ([1]), les résultats d'une analyse biométrique des relations héréditaires entre divers caractères métriques, chez deux espèces de Gryllides, *Gryllus campestris* L., *Gr. bimaculatus* de Geer et leurs hybrides réciproques. La forme définitive (imaginale) de l'hybride est sous la dépendance de trois facteurs héréditaires essentiels, qui peuvent s'exprimer par *trois* coefficients pour chacun des caractères morphométriques de l'une ou de l'autre catégorie d'hybrides réciproques. Ce sont les coefficients d'*hybridation*, d'*hétérosis* et d'*allométrie de taille*. Chaque caractère a son coefficient d'allométrie propre et les divers coefficients d'allométrie des caractères des espèces parentes sont autant de particularités héréditaires qui sont transmises aux hybrides réciproques. Ces coefficients d'allométrie, qui déterminent les modifications dans les proportions relatives du corps, selon la grandeur absolue des individus, sont habituellement calculés par rapport à la taille, ou à un caractère tenant lieu de caractère-référence. Ils représentent théoriquement les rapports entre l'indice de variabilité d'un caractère (écart type σ divisé par la valeur moyenne M du caractère) et l'indice de variabilité de la taille ou du caractère référence. La comparaison de tels coefficients d'allométrie, suffisante pour exprimer les possibilités de croissance relative, pour différents caractères d'un lot homogène d'animaux de même espèce et de même sexe, est absolument inapplicable pour la comparaison de lots provenant de souches, de races ou d'espèces différentes, voire de lots de même souche, mais de sexe différent.

Dans tous ces cas, ni la taille, qui est un caractère global et peu précis, ni aucun autre caractère, ne peuvent alors servir de référence. En effet la plupart des caractères morphométriques, biométriquement intéressants, correspondent, soit à des caractéristiques spécifiques, ou sexuelles, ou même simplement génotypiques, ce qui entraîne donc une variation d'un

([1]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 583, 635, 707, 746, 791.

lot à un autre. Comme base de comparaison, ne restent plus possibles que les *indices de variabilité* eux-mêmes. Mais ceux-ci ont des valeurs absolues directement proportionnelles à l'écart type σ, qui dépend, à son tour, de la constitution du groupe d'animaux étudiés; un lot composé d'un grand nombre d'exemplaires de tailles extrêmes donnera des coefficients de variabilité élevés; par contre, un lot homogène, à dispersion normale, donnera de faibles coefficients. Il est donc absolument nécessaire d'exprimer les valeurs absolues des coefficients de variabilité de taille des caractères en centièmes d'une valeur-référence, qui change le moins possible pour des lots de différentes provenances ou de constitution différente. Cette référence doit donc être une caractéristique plus ou moins constante dans les limites d'une race, d'une espèce et même d'un genre. Telle semble le mieux répondre à ces conditions, la valeur moyenne de tous les indices de variabilité des principaux caractères somatiques de l'animale; évidemment, le même nombre de caractères homologues doit être pris en considération dans les études comparatives. On obtiendra ainsi, pour chacun des caractères, des *coefficients de variabilité différentielle*, qui exprimeront alors les potentiels possibles de développement de chaque partie de l'organisme, par rapport au potentiel moyen de tous les caractères réunis, ou, pour ainsi dire, par rapport au corps pris dans son ensemble.

Coefficients de variabilité différentielle en centièmes de la moyenne des Indices de variabilité des huit premiers de ces caractères.

Catégorie.	Nombre.	Sexe.	*Th.*	*Tt.*	*Pa.*	*Pp.*	*Pl.*	*Fe.*	*Ti.*	*El.*	*Ai.*	*Ta.*
C.......	201	♂	119	118	124	100	96	86	80	77	122	–
$C \times B$...	147	♂	127	114	108	91	97	86	89	88	97	–
$B \times C$...	200	♂	124	113	117	97	99	84	80	86	99	–
B.......	174	♂	113	112	111	100	105	89	93	78	89	–
C.......	121	♀	108	101	119	111	91	86	82	101	124	128
$C \times B$...	131	♀	109	106	102	90	102	90	103	98	108	104
$B \times C$...	116	♀	112	108	107	97	105	87	86	99	107	112
B.......	309	♀	103	97	108	103	113	91	93	91	88	110

Dans ce tableau, les catégories de Grillons sont désignées par les lettres suivantes : *C, Gr. campestris; B, Gr. bimaculatus;* $C \times B$ et $B \times C$, hybrides réciproques; dans la formule de croisement, la première lettre désigne le parent femelle. Les caractères analysés sont : *Th* et *Tt* hauteur et largeur de la tête; *Pa, Pp, Pl* largeurs antérieure, postérieure et longueurs du *pronotum; Fe, Ti, El, Ai, Ta* longueurs des fémurs et tibias postérieurs, des élytres des ailes et de la tarière.

Le tableau ci-dessus donne le résultat du calcul des coefficients de variabilité différentielle, pour les ♂ et les ♀ des quatre catégories de Grillons. Le quotient de deux coefficients de la même ligne donnera le coefficient d'allométrie entre deux caractères chez des animaux de même catégorie. Les quotients entre deux valeurs des coefficients d'un même caractère, pris dans deux catégories de Grillons différentes, donnera le *coefficient de divergence interspécifique*, ou le *coefficient de dimorphisme sexuel*, si l'on compare entre eux deux lots de même catégorie, mais de sexe différent. Enfin, si l'on porte sur un graphique la série des coefficients différentiels des caractères, dans une succession d'ordre topographique antéro-postérieur, pour chacune des catégories de Grillons, on obtiendra la courbe des variations différentielles ou, suivant la terminologie de J. Huxley, les gradients de croissance relative, et cela pour chacune des catégories de Grillons, pour les espèces parentes, comme pour leurs hybrides.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 20 mars 1939.)

Note de M. *Alfred Lacroix*, Les ponces dacitiques flottant sur l'Océan, entre les Fiji, les Nouvelles-Hébrides et la Nouvelle-Calédonie :

Page 853, ligne 5, *au lieu de* 15°56'E, *lire* 15°56'S;
ligne 9, *au lieu de* 17°27'E, *lire* 17°37'S.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AOÛT 1940.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Au nom de M. **Paul Portier**, M. Alfred Lacroix dépose sur le bureau deux volumes intitulés :

Mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral, tirée des Observations de M[rs] *de l'Académie Royale des Sciences, envoyés par le Roi sous l'Équateur.* Par M. de la Condamine, MDCCLI;

Supplément au Journal historique du voyage à l'Équateur et au livre de la mesure des trois premiers degrés du méridien : Servant de réponse à quelques objections. Par M. de la Condamine, MDCCLII.

Ils ont été remis à notre confrère par M. le Comte de Parscau du Plessis, qui les tient de son beau-père M. de la Gournerie, membre de l'Académie. Suivant le désir du donateur, ces ouvrages sont offerts à l'Académie des Sciences pour être conservés dans la Bibliothèque de l'Institut.

De nombreuses notes marginales sont de la main de M. de la Gournerie.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un théorème d'hydrodynamique relativiste.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

But de cette Note. — Reprenant certains résultats d'Eisenhart (¹) et de Synge (²), nous nous proposons de montrer que le théorème classique

---

(¹) *Trans. American Math. Soc.*, 26, 1924, p. 205-220; désigné ici par la lettre E.
(²) *Proc. London Math. Soc.*, 43, 1937, p. 376-416; désigné ici par la lettre S.

de Bernoulli, relatif aux mouvements permanents d'un fluide parfait, admet une généralisation simple dans un espace-temps statique du type le plus général.

Notations. — Dans toute la suite les indices grecs peuvent prendre les valeurs 1, 2, 3, 4, les indices latins les valeurs 1, 2, 3 seulement, la variable x^4 étant la variable présentant le caractère temporel. D'une manière générale les notations utilisées sont celles de mon travail sur les *Problèmes globaux en Mécanique relativiste* (³).

I. Considérons un espace-temps statique quelconque admettant la métrique

$$ds^2 = g_{\lambda\mu}\, dx^\lambda\, dx^\mu \quad (\text{avec } g_{44} = U)$$

et dans cet espace-temps un fluide parfait compressible d'indice (⁴)

$$F = e^{\int_{p_0}^{p} \frac{dp}{\rho}}.$$

Nous supposerons que ce fluide est en mouvement permanent, c'est-à-dire admet une densité de matière ρ et par suite une pression p indépendantes de x^4.

D'après le théorème d'Eisenhart (⁵), les lignes de courant du fluide sont des géodésiques de l'espace-temps statique défini par la métrique

$$d\sigma^2 = F^2\, ds^2.$$

Par suite, si nous désignons par $C_\lambda = F u_\lambda$ le vecteur-courant du fluide (vecteur tangent à la ligne de courant et unitaire dans $d\sigma^2$) et par ∇_λ l'opérateur de dérivation covariante dans $d\sigma^2$, il vient

$$C^\lambda \nabla_\lambda C_4 = 0,$$

ou, la métrique $d\sigma^2$ étant statique,

$$C^\lambda \partial_\lambda C_4 = 0.$$

Ainsi, le long d'une ligne de courant, le mouvement du fluide satisfait à la condition

$$\text{(A)} \qquad C_4 = F u_4 = \text{const.}$$

(³) Lichnerowicz, *Act. scientif. et industr.*, **832**, 1939, p. 1-35, désigné ici par la lettre L.

(⁴) Ce que nous appelons *indice* F *du fluide* n'est autre que *l'index-function* de Synge. Cf. S 391.

(⁵) Cf. E 216, S 393, L 28.

II. Soit $g_{\lambda\mu}X^\lambda X^\mu$ la forme quadratique fondamentale de l'espace-temps. On peut mettre $g_{\lambda\mu}X^\lambda X^\mu$ sous la forme

$$g_{\lambda\mu}X^\lambda X^\mu = \frac{1}{g_{44}}(X_4)^2 + \Phi(X^1, X^2, X^3),$$

où Φ désigne une forme définie négative des variables X^i (⁶). Dans un espace-temps non orthogonal, nous sommes ainsi conduit à définir le carré de la mesure du vecteur d'espace X^i par $X^2 = -\Phi(X^i)$. En particulier les vecteurs d'espace u^i (vecteur-vitesse relatif) et C^i (vecteur-courant relatif) auront respectivement pour carrés de leur mesure

$$\begin{cases} u^2 = -\Phi(u^1, u^2, u^3), \\ C^2 = F^2 u^2 = -\Phi(C^1, C^2, C^3). \end{cases}$$

Avec ces notations, la condition (A) peut être mise sous la forme

(B) $$C_4^2 = U(F^2 + C^2) = \text{const.},$$

d'où le théorème :

Théorème. — *Dans un espace-temps statique du type le plus général, le mouvement permanent d'un fluide parfait compressible satisfait à la condition* (B) *qui exprime que, le long d'une ligne de courant, le produit par le potentiel* U *de la somme des carrés de l'indice et du vecteur-courant relatif, est constant.*

III. Dans le cas où le quotient p/ρ est petit, la condition (B) est susceptible d'une forme approchée simple. Posons

$$F^2 = e^{2\int_{p_0}^{p}\frac{dp}{\rho}} = 1 + 2\int_{p_0}^{p}\frac{dp}{\rho}$$

et supposons la vitesse de la matière petite par rapport à celle de la lumière. Aux termes d'ordre supérieur près, la condition (B) peut alors s'écrire

$$\frac{1}{2}U + \left(\frac{1}{2}u^2 + \int_{p}^{p}\frac{dp}{\rho}\right)U = \text{const.},$$

forme qui rappelle étroitement l'énoncé classique du théorème de Bernoulli (⁷).

(⁶) Cf. L. 24.
(⁷) Cf. S. 413.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption des dérivés nitrés et aminés aromatiques.* Note (¹) de M^mes **Pauline Ramart** et **Marthe Grumez**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

D'après leur constitution, et en utilisant les formules classiques des corps organiques, il est possible d'envisager, pour les dérivés nitrés et aminés aromatiques (si la fonction amine est primaire ou secondaire et si elle se trouve en ortho ou en para vis-à-vis d'un NO^2), l'existence de deux formes tautomères. Les structures de ces deux formes seraient l'une benzénique, l'autre quinonique. Par exemple, la para-nitrodiphénylamine pourrait prendre l'une ou l'autre des formes (I) ou (II)

$$C^6H^5-NH-C^6H^4-NO^2 \quad (I). \qquad C^6H^5-N=C\langle C^4H^4 \rangle C=N\begin{matrix}OH\\O\end{matrix} \quad (II).$$

L'étude des spectres d'absorption (ultraviolets et visibles) d'un certain nombre de dérivés mono et dinitrés de la diphénylamine nous a permis de constater que, effectivement, ces substances sont susceptibles de prendre deux formes transformables l'une en l'autre réversiblement.

Les mesures des coefficients d'absorption ont été faites sur des solutions alcooliques neutres et alcalines (Na.OHN/20), aux concentrations de (N/2 000, N/10 000, N/20 000) suivant la solubilité de ces produits (généralement peu solubles).

Les substances étudiées (préparées à l'état très pur par M. Hoch) ont été les ortho, méta et para-mononitrodiphénylamines, les 2-2′, 3-3′, 4-4′, 2-3′, 2-4 et 2-6 dinitrodiphénylamines. Nous résumerons l'essentiel des premiers résultats obtenus.

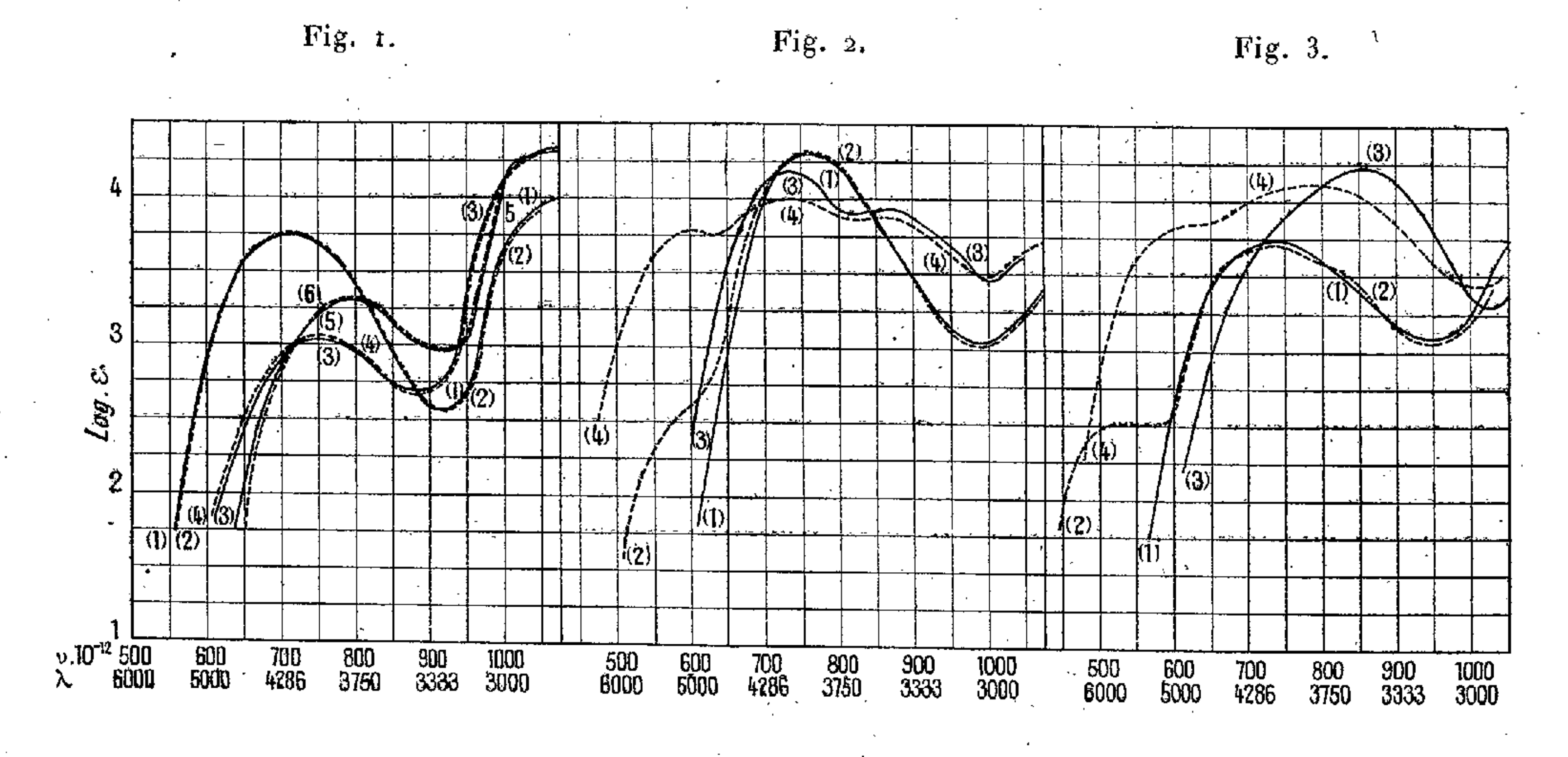
Quand, pour un même produit, on passe de la solution neutre à la solution alcaline, les faits observés par l'étude des spectres sont très différents suivant le nombre et aussi suivant les positions respectives des groupes nitrés présents.

Pour certaines de ces substances, le passage du milieu neutre au milieu alcalin n'est, dans les conditions de dilution indiquées, accompagné d'aucune variation appréciable d'absorption. Ceci conduit à penser que les deux solutions ne contiennent pratiquement qu'une seule et même forme soit

(¹) Séance du 5 août 1940.

parce que la substance étudiée n'existe que sous une forme (c'est vraisemblablement le cas pour les dérivés méta nitrés). Soit encore parce que le changement de milieu ne provoque pas un déplacement suffisant de l'équilibre entre les deux formes pour qu'il puisse être révélé par l'analyse spectrale. Il en est sans doute ainsi pour l'ortho-nitrodiphénylamine, les 2-2′ et 2-3′ dinitrodiphénylamines. A titre d'exemple, nous donnons figure 2 les courbes d'absorption de l'ortho-nitrodiphénylamine en solution alcoolique neutre (courbe 1), en solution alcaline (courbe 2), celles de la méta nitrodiphénylamine en solution alcoolique neutre (courbe 3),

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



en solution dans la soude alcoolique (courbe 4) et enfin celles de la 3-3′ dinitro-diphénylamine en solution neutre (courbe 5) et en solution alcaline (courbe 6).

Lorsque l'absorption de l'un des corps étudiés varie avec le milieu, ce phénomène ne peut être attribué qu'à un déplacement de l'équilibre entre des formes isomères. On vient de voir en effet que le changement de milieu seul ne modifie pas l'absorption de substances qui possèdent les mêmes chromophores NO^2 et NH.

Le phénomène est plus ou moins important suivant les cas. Tantôt le spectre de la solution alcaline se trouve constitué par la superposition du spectre du corps présent en solution neutre et de celui d'une substance de structure différente. C'est ce que l'on observe dans le cas de la para nitrodiphénylamine, des 2-4′, 2-2′, 4-4′ dinitrodiphénylamines. La figure 2 contient les courbes de la para-nitrodiphénylamine en milieu neutre

(courbe 1) et en milieu alcalin (courbe 2) celles de la 2-4' dinitrodiphénylamine dans l'alcool neutre (courbe 3) et dans la soude alcoolique (courbe 4); enfin sur la figure 3 se trouvent tracées les courbes de la 2-6 dinitrodiphénylamine en solution neutre (courbe 1) et en solution alcaline (courbe 2). Tantôt enfin il arrive que les deux solutions neutre et alcaline d'un même corps possèdent des spectres tout à fait différents, comme c'est le cas pour la 2-4 dinitrodiphénylamine [voir *fig.* 3 les courbes de ce corps en milieu neutre (courbe 3) et en milieu alcalin (courbe 4)].

Il est à remarquer que, pour tous les cas étudiés, lorsque l'on passe de la solution neutre d'un corps à sa solution alcaline, l'équilibre se déplace en faveur de la forme dont l'absorption est située vers les plus petites fréquences.

En résumé, le fait que certains dérivés nitrés et aminés aromatiques ont des spectres différents suivant le milieu dans lequel ils se trouvent, est en accord avec l'hypothèse selon laquelle ces substances sont susceptibles d'exister sous deux formes isomères transformables l'une en l'autre réversiblement (formes dont la structure reste à préciser). Les proportions respectives des formes présentes dans une solution dépendent, toutes choses égales par ailleurs, du nombre des groupes nitrés ainsi que de leurs positions respectives sur les noyaux aromatiques.

TECTONIQUE. — *Les plissements du Permien de Toujane et les ondulations de la couverture secondaire dans la région de Médénine.* Note de M. **Gilbert Mathieu**.

J'ai défini géographiquement (¹) la zone de Toujane Médénine (située dans l'Extrême-Sud-Tunisien), affectée par des plissements qui sont datés par la discordance du Bathonien sur le Trias inférieur. Le style tectonique de ces plis mérite d'être précisé.

Tectonique du Permien, 1er pli. — Le chaînon orienté Est-Ouest du signal de Kef en Nsoura à Ksar Koutine, constitué par l'alignement Djebel Tebaga-Djebel es Souïnia, Djebel Saïkra forme le versant Sud extrêmement, régulier, incliné de 30^G à 35^G d'un anticlinal permien dont la charnière est complètement abrasée. Le pendage Nord 40^G à 45^G de l'autre versant a pu être reconnu au moyen de galeries et de tranchées dans l'assise la plus

(¹) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 69.

inférieure [celles des schistes rouges avec niveau à *Fusulina tunetana* (²)] qui forme le soubassement des strates crétacées du Djebel Oum el Afia. A l'approche de la charnière anticlinale le flanc Sud passe de pendages relativement faibles à des couches très redressées. Ainsi sur les premières pentes du Djebel Oum el Afia, les strates du Permien, constituées par des schistes rouges et des grès ferrugineux en plaquettes, décrivent de nombreuses sinusoïdes en section horizontale; verticalement, elles accusent parfois le pendage 70^G Sud. Cette allure tourmentée due aux plissotements intenses dans la région axiale du pli de Toujane est inattendue lorsqu'on observe la régularité du flanc Sud dans le chaînon Tebaga-Souïnia-Saïkra et laisse prévoir un arrachement près de la charnière anticlinale. Un autre exemple nous est donné par le détail des plissements situés entre la route de Médénine à Toujane et la crête de Baten beni Zid au nord de celle-ci. Dans l'assise des grès ferrugineux à piste de vers et des psammites à débris végétaux, on peut remarquer une charnière anticlinale très aiguë constituée par un banc de grès blanc, parfaitement conservée, avec son flanc Nord en couches verticales. Cette charnière fait partie d'un ensemble de plis qui forment brusquement un petit bourrelet au Nord du versant de Baten beni Zid doucement incliné vers le Sud.

2ᵉ *pli.* — Un autre chaînon permien forme le Djebel er Remtsia dirigé à son origine Nord-Sud (donnant l'impression de sortir sous le crétacé du Djebel Mejouj), puis il s'infléchit dans la direction Est-Ouest pour venir s'accoler à la crête régulière Djebel es Souïna, Djebel Saïkra. Il est constitué par les dolomies supérieurs et les calcaires à encrines comme le versant sud du premier pli déjà décrit. Le pendage du permien du Djebel er Remtsia, d'abord 45^G Sud-Ouest, passe insensiblement à des couches verticales.

Le raccordement des dolomies à encrines verticales du Djebel er Remtsia avec le flanc sud normal de l'anticlinal de Toujane se fait le long du talweg de Merbah Grouz, dans l'axe duquel on peut découvrir des lambeaux très redressés des schistes rouges inférieurs ou des grès ferrugineux qui ont été coincés entre les deux écailles de dolomies et calcaires à encrines.

Chiffonnement et gaufrage schisteux au bas de la montée de Toujane, anticlinal aigu de Baten beni Zid et structure en écailles avec pli-faille au col de Merbah Grouz, tels sont les faits précis d'observation sur le style

(²) Henri DOUVILLÉ, *Mém. Serv. Géol. Tunisie*, nouv. sér., nº 1, 1934, p. 76.

tectonique du petit massif permien de Tunisie, qui permettent de conclure à une poussée venant du Sud.

Ondulations dans le secondaire. — Le grès triasique inférieur, qui vient se mouler sur le flanc sud du Djebel Tebaga des Matmatas, devient subhorizontal dans la grande plaine de Médénine, mais il n'est pas exempt d'ondulations. Ainsi les pendages du grès rouge dans l'entrée de la gorge de Ksar el Hallouf révèlent l'existence d'une ondulation anticlinale Nord-Sud passant à Sidi-Stout. C'est un pli parallèle à l'axe anticlinal du petit massif du Tadjera au nord de Métameur. Les deux falaises de Tadjera Kbira et de Tadjera Shrira forment une demi-boutonnière parfaite autour d'un noyau de grès rouge triasique, ayant une allure en dôme à Ksar Rebouten. Le chaînon nord-sud du poste optique de Tadjera Kbira présente des failles en escalier avec important rejet (Cénomanien au contact du Callovien).

A ce système d'ondes ayant un axe sensiblement Nord-Sud, il convient d'opposer un autre système d'ondulations Ouest-Est. A Médénine, le relevé des pendages dans les berges de l'Oued autour des fours à plâtre, entre la route de Zarzis et celle de Bou Grara, montre le passage d'un synclinal. Ce synclinal lui-même est bordé au Sud par un anticlinal qui passe entre Médénine et Bir Harboub.

Au nord du petit massif du Tadjera, il existe un anticlinal de faible amplitude, mais assez aigu dans le Trias de Ksar Koutine. Il paraît bien prolonger la ride permienne dans la direction de son ennoyage sous le Secondaire. Cet anticlinal est bordé au Sud par une ondulation synclinale qui apparaît dans le Cénomanien du Djebel Rouiss. A l'opposé, à la limite Nord des affleurements permiens, les strates du Crétacé montrent une flexure importante vers le Nord, avec des pendages de 25^{G} N dans le Cénomanien de l'Oum el Afia. Ainsi, lorsqu'on fait l'inventaire des plissements, on découvre jusque dans le Crétacé des répliques des mouvements qui ont affecté le Permo-Trias.

Conclusions. — Compris entre les grands plateaux du Crétacé horizontal des Matmatas au Nord et la région tabulaire du Jurassique de Foum-Tatahouine au Sud, les plissements du Permien (avec poussée venant du Sud), nous offrent un exemple exceptionnel de la Tectonique de l'Extrême-Sud-Tunisien (dans la région dite des Monts Troglodytes).

Les mouvements posthumes de l'anticlinal permien, la grande faille avec importante brèche de friction du Djebel Remtsia (qui met au contact Callovien et Permien), les ondulations dans la couverture secondaire

agrandissent sensiblement la zone de plis ou de fractures autour du noyau primaire.

Le sens de la circulation des eaux souterraines, le partage de celles-ci entre les différents versants des plis et la séparation des nappes d'eau pure et d'eau salée ou magnésienne résultent en partie de cette tectonique; c'est là son côté pratique.

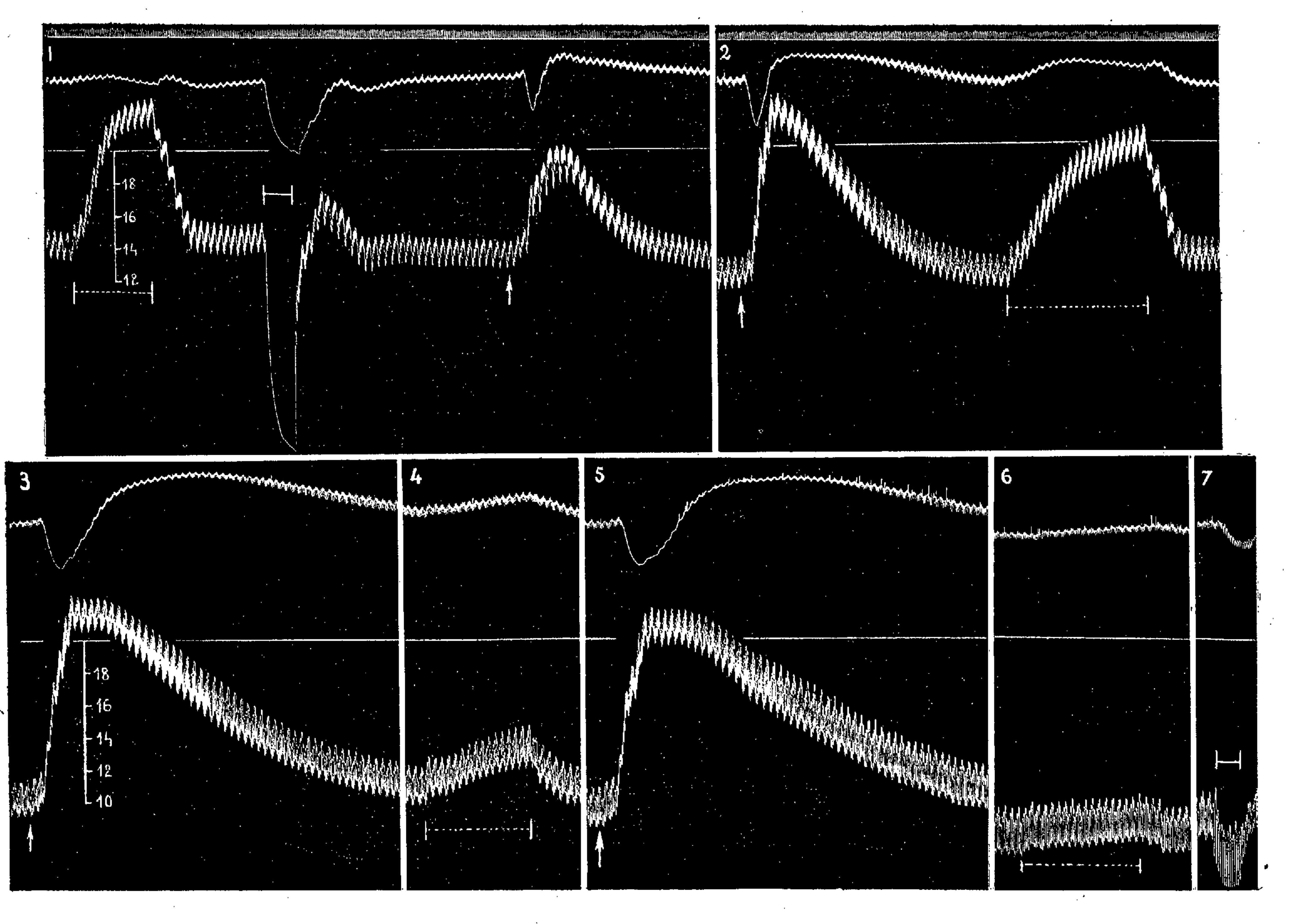
PHARMACOLOGIE. — *Sur quelques propriétés physiologiques de l'Akuammine, principal alcaloïde des graines d'une Apocynacée de l'Afrique occidentale française, le* Picralima nitida *T. et H. Durand.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les graines de *Picralima nitida* T. et H. Durand, que l'empirisme indigène tient pour fébrifuges, renferment plusieurs alcaloïdes dont on ne connaît encore que l'inefficacité dans la malaria aviaire [1]. Nos recherches nous ont montré qu'un de ces alcaloïdes, l'akuammine, celui-là justement qui y est le plus abondant, est doué d'une puissante activité physiologique. A l'instar de diverses substances, et plus particulièrement de la cocaïne, de la spartéine et de l'ibogaïne, il augmente l'action hypertensive et vaso-constrictive rénale de l'adrénaline en même temps qu'il diminue l'hypertension et la vaso-constriction du rein provoquées par l'occlusion carotidienne.

Voici, à titre d'exemple, les valeurs numériques qui correspondent au tracé ci-joint :

	L'injection d'adrénaline élève la pression artérielle			L'occlusion carotidienne hausse la pression artérielle		
	de	à	soit de	de	à	soit de
Initialement	144	203	59^{mm} de Hg	151	231	80^{mm} de Hg
Après injection de 1^{mg} de chlorhydrate d'akuammine par kg.	133	232	99 »	131	211	80 »
Après une 2^e injection, celle-ci de 2^{mg} de chlorhydrate d'akuammine par kg	116	228	112 »	125	148	23 »
Après une 3^e injection, celle-ci de 4^{mg} de chlorhydrate d'akuammine par kg	109	219	110 »	96	106	10 »

(1) J. A. Goodson, T. A. Henry et J. W. S. Macfie, *Biochem. Journal*, **24**, 1930, p. 888.



Expérience du 21 février 1940. — Chien ratier à poils ras de 6kg,500, anesthésié par le chloralose (14cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e et 4e lignes, variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3e et 5e lignes : pression carotidienne enregistrée au moyen du manomètre à mercure. En 1/1, en 2/2, en 4 et en 6 : occlusion de la carotide. En 1/2 et en 7 : faradisation du bout périphérique du pneumogastrique, l'écartement des bobines du chariot étant de 4cm. En 1/3, en 2/1, en 3 et en 5 : injection dans la saphène de 0mg,005 d'adrénaline en solution dans 0cc,5 de soluté physiologique de chlorure de sodium. On a injecté, dans les veines de l'animal, entre 1 et 2 : 6mg,5, entre 2 et 3 : 13mg, entre 4 et 5 : 26mg de chlorhydrate d'akuammine. Tracés réduits de moitié.

Bien que la 3e injection d'akuammine ait réduit nettement l'élévation de pression résultant de l'occlusion carotidienne, sans avoir d'effet marqué sur celle qui suivait l'injection d'adrénaline, on peut admettre que, entre les deux effets de l'alcaloïde du *Picralima nitida*, c'est à savoir le renforcement de l'hypertension adrénalinique et la diminution de celle que provoque la fermeture des carotides ([2]), il existe une corrélation suffisante pour qu'on voie dans la mise hors d'action des mécanismes régulateurs de la pression artérielle, la cause principale du premier de ces effets.

Ajoutons qu'à la dose où elle supprime presque totalement les effets tenseurs de l'occlusion carotidienne, l'akuammine diminue beaucoup, mais n'abolit pas l'excitabilité du bout périphérique du pneumogastrique. Alors, en effet, qu'initialement une faradisation déterminée de ce segment nerveux entraînait l'arrêt du cœur et une chute brusque et profonde de la pression carotidienne, après administration de 7^{mg} de chlorhydrate d'akuammine par kilogramme, une semblable excitation n'a plus produit que du ralentissement du rythme cardiaque s'accompagnant d'une légère hypotension.

A $15^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

([2]) Notons qu'après injection de 1^{mg} de chlorhydrate d'akuammine par kilogramme, l'occlusion carotidienne a entraîné une hypertension égale à celle qu'elle produisait auparavant et que la diminution de la sensibilité des mécanismes régulateurs de la pression artérielle ne s'est traduite ici que par la lenteur relative avec laquelle la pression a atteint son niveau maximal ainsi que par la diminution de la vaso-constriction rénale.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1940.

Charles Audebeau Bey (1861-1939) *Notice nécrologique*, par Marcel Jungfleisch. Extrait du *Bulletin de l'Institut d'Égypte*. Tome XXII. Session 1939-1940. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'Archéologie orientale, 1940; 1 fasc. 25^{cm}, 5.

R. Università degli Studi di Pavia. *Commemorazioni Spallanzaniane* 11-14 aprile 1939 — XVII. Vol. II. *Scritti geologici e Bibliografici*. Pavia, Tipografia già Cooperativa, 1939-XVII; 1 vol. 25^{cm}.

Id. 11-15 aprile 1939. XVII E. F. Vol. III. *Atti Della* XIII *Riunione generale della Società italiana di Biologia sperimentale*. Varese-Milano, A. Nicola et C^{ie}, 1940 — XVIII; 1 vol. 25^{cm}.

Id. 11-15 aprile 1939. XVII. Vol. IV. *Atti 1ª Adunata Naz. Veterinari*. Pavia, Tipografia già Cooperativa, 1939 — XVII; 1 vol. 25^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AOUT 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations linéaires dans les espaces normés.* Note (¹) de M. **JEAN DIEUDONNÉ.**

1. Soient E et F deux espaces *localement convexes séparés*, de topologies $\mathcal{T}$ et $\mathcal{U}$ respectivement; soient E′ et F′ les *duals* de E et F respectivement; pour distinguer les propriétés des parties de E et F (ou des applications de E dans F) relatives aux topologies $\mathcal{T}$ et $\mathcal{U}$ d'une part, aux topologies faibles $\sigma(E, E')$, $\sigma(F, F')$ d'autre part, on accolera le qualificatif *faible* ou l'adverbe *faiblement* aux notions relatives à ces dernières, le qualificatif *fort* ou l'adverbe *fortement* aux notions relatives à $\mathcal{T}$ et $\mathcal{U}$.

L'application des résultats de la Note précédente aux applications linéaires fortement continues de E dans F est rendue possible par le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *Une application linéaire fortement continue de* E *dans* F *est aussi faiblement continue; un homomorphisme fort de* E *dans* F *est aussi un homomorphisme faible.*

2. Considérons à partir de maintenant le cas particulier où E et F sont *normés*. On a dans ce cas la *réciproque* du théorème 1 :

THÉORÈME 2. — *Si* E *et* F *sont normés, une application linéaire faiblement continue de* E *dans* F *est aussi fortement continue; un homomorphisme faible de* E *dans* F *est aussi un homomorphisme fort.*

Il y a donc *identité* entre les notions de continuité forte et faible, et

(¹) Cette Note fait suite à une Note récente (*Comptes rendus*, 211, 1940, p. 94) à laquelle le lecteur est prié de se reporter pour les définitions et notations.

entre celles d'homomorphisme fort et faible. Rappelons en outre les théorèmes suivants de M. Banach ([2]) :

Si E *est complet, et si u est un homomorphisme fort de* E *dans* F, *u*(E) *est fortement fermé* (donc aussi *faiblement fermé*) *dans* F.

Si E *et* F *sont complets, et si u*(E) *est fortement fermé dans* F (*u* étant une application linéaire continue de E dans F), *u est un homomorphisme fort de* E *dans* F.

3. On sait qu'on définit, sur le dual E' de E, une topologie d'espace *normé complet*, en prenant pour norme d'une forme linéaire x' continue dans E la borne supérieure de $|x'(x)|$ lorsque la norme de x est égale à 1. Les topologies ainsi définies sur E' et F' seront encore dites *fortes* par opposition aux topologies faibles $\sigma(E', E)$ et $\sigma(F', F)$ ([3]) (elles sont *plus fines* que ces dernières).

Si u est une application linéaire continue de E dans F, sa *transposée u'* est *fortement continue* dans F' ([4]); elle est aussi *faiblement continue* (voir Note précédente).

Théorème 3. — *Si* E *est complet, et si u' est un homomorphisme fort de* F' *dans* E', *u' est aussi un homomorphisme faible de* F' *dans* E'.

Théorème 4. — *Si* F *est complet, et si u' est un homomorphisme faible de* F' *dans* E', *u' est aussi un homomorphisme fort de* F' *dans* E'.

Théorème 5. — *Si u est un homomorphisme de* E *dans* F, *u' est un homomorphisme fort de* F' *dans* E'.

Lorsque E et F sont supposés *complets*, on a donc, en rassemblant les résultats précédents, le théorème :

Théorème 6. — *Si u est une application continue d'un espace normé complet* E *dans un espace normé complet* F, *toutes les propositions suivantes sont équivalentes* :

a. u est un homomorphisme (fort ou faible) *de* E *dans* F ;

b. u(E) *est fermé* (fortement ou faiblement) *dans* F ;

c. u' est un homomorphisme fort de F' *dans* E' ;

d. u' est un homomorphisme faible de F' *dans* E' ;

e. u'(F') *est fortement fermé dans* E'.

([2]) *Opérations linéaires* (Warszawa, 1932), p. 38 et 145; voir aussi F. Hausdorff, *Journ. de Crelle*, 167, 1932, p. 294-311.

([3]) Il faut bien remarquer que, lorsque E *n'est pas réflexif* (c'est-à-dire que E n'est pas identique au dual de E', considéré avec sa topologie forte), $\sigma(E', E)$ n'est pas la topologie associée (au sens de la Note précédente) à la topologie forte sur E'.

([4]) S. Banach, *loc. cit.*, p. 100.

On peut former des *contre-exemples* mettant en défaut les conclusions des théorèmes 3 et 4 lorsque l'hypothèse E *complet* (resp. F *complet*) n'est pas remplie ([5]).

4. Du théorème 2, on déduit en particulier le corollaire suivant : si $\mathfrak{T}$ et $\mathfrak{T}'$ sont deux topologies d'*espace normé* sur un même espace vectoriel E, telles que le dual E' de E pour chacune de ces deux topologies soit le *même*, $\mathfrak{T}$ et $\mathfrak{T}'$ sont *identiques* ([6]).

Dans un espace localement convexe séparé E, appelons *faiblement borné* tout sous-ensemble A de E tel que, pour toute forme linéaire x' continue dans E, la borne supérieure de $|x'(x)|$ dans A soit *finie*. De la remarque précédente, on déduit alors le théorème suivant ([7]) :

THÉORÈME 7. — *Pour que la topologie d'un espace localement convexe séparé* E *soit une topologie d'espace normé, il faut et il suffit qu'il existe un voisinage de l'origine faiblement borné.*

ÉLASTICITÉ. — *Sur le calcul analogique des effets de torsion.* Note de MM. **Joseph Pérès** et **Lucien Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans les applications du calcul analogique à la solution pratique de questions d'élasticité, on procède en général par réalisations qui concernent une *fonction de tension*, dont les efforts élastiques s'obtiennent par *dérivation*. Mais il est toujours délicat de passer d'une fonction, de définition expérimentale, à ses dérivées, de sorte que nous avons été amenés à rechercher des réalisations plus directes et fournissant immédiatement les efforts.

Avant d'aborder les résultats obtenus dans cet ordre d'idées, par analogie rhéoélectrique, nous revenons ici, pour quelques compléments, sur les réalisations usuelles (Cranz, Biezeno et Koch, 1933) que nous avons eu à utiliser (avec quelques modifications dans le mode expérimental).

([5]) Les théorèmes de M. Banach (*loc. cit.*, p. 145-150) ne concernent que le cas où E et F sont complets, et se déduisent aisément de notre théorème 6 et de la Note précédente.

([6]) Rappelons qu'une *même* topologie d'espace normé peut être définie par des normes *distinctes*, mais *équivalentes* (c'est-à-dire dont le rapport reste compris entre deux nombres finis et > 0).

([7]) Cf. J. V. Wehausen, *Duke Math. Journ.*, 4, 1938, p. 157-169.

2. Rappelons que les efforts de torsion, τ_{xz} et τ_{yz}, d'un barreau cylindrique, sont respectivement φ'_y et $-\varphi'_x$, la fonction de tension $\varphi(x, y)$ étant définie dans l'aire S d'une section droite du barreau par la condition que son laplacien ait la valeur constante $F = -2G\theta$ (G, module de rigidité; θ, angle unitaire de torsion), cette fonction devant être constante à la frontière s de S. Lorsque S a la connexion simple, on prend $\varphi = 0$ sur s. Pour appliquer l'analogie rhéoélectrique, on envisage une fonction harmonique Φ, déduite de φ en en retranchant une fonction simple de laplacien F, par exemple $Fr^2/4$ $(r^2 = x^2 + y^2)$; alimentant le bassin électrique de façon à remplir, à sa frontière s, la loi de potentiels $-Fr^2/4$, on obtient Φ comme potentiel électrique dans le bassin. On peut alors relever les lignes de niveau du champ Φ et passer (avec une moindre précision) à la détermination des efforts.

3. Dans nos modèles électriques, le contour s est toujours représenté par des électrodes que séparent d'étroits intervalles isolants et dont on règle les potentiels aux valeurs assignées. Les intensités de courant débitées par ces électrodes définissent alors de façon directe, et satisfaisante, la dérivée normale $d\Phi/dn$, donc l'effort de cisaillement τ au contour (le plus intéressant pratiquement). Soient r_1 et r_2 les valeurs extrémales de r sur s, auxquelles on fera correspondre, dans une échelle arbitraire de potentiels, les valeurs Φ_1 et Φ_2 : la valeur correspondante de F est $-4(\Phi_1 - \Phi_2)/(r_1^2 - r_2^2)$. Introduisant le coefficient sans dimension τ/Fl, où l est une longueur relative à la section, on vérifie que

$$\text{(1)} \qquad \frac{\tau}{Fl} = \frac{1}{2}\,\frac{r}{l}\,\frac{dr}{dn} - \frac{\sigma}{4h\varepsilon l}\,\frac{r_2^2 - r_1^2}{\Phi_2 - \Phi_1}\,\frac{\Delta\Phi}{R};$$

au second membre le premier terme ne dépend que des éléments géométriques de la section, le second fait intervenir les résultats des mesures sur le modèle électrique (n, normale extérieure; σ, résistivité du liquide dans le bassin; h, sa hauteur; ε, largeur de l'électrode); l'intensité de courant apparaît dans (1) par $\Delta\Phi/R$, $\Delta\Phi$ étant la chute de potentiel dans une résistance R amenant le courant à l'électrode.

4. L'expression usuelle du moment du couple de torsion $\mathfrak{M}$ (intégrale double de 2φ) se transforme aisément en

$$\mathfrak{M} = -\frac{1}{2}FI_0 - \frac{1}{2}\int_S r^2 \frac{d\Phi}{dn}\,ds$$

(I_0, moment polaire de la section). Remplaçant l'intégrale par une

somme Σ étendue aux diverses électrodes, on a l'évaluation pratique

$$(2)\qquad \frac{\mathfrak{M}}{F} = -\frac{1}{2}I_0 + \frac{\sigma}{h}\frac{r_2^2 - r_1^2}{\Phi_2 - \Phi_1}\sum r^2 \frac{\Delta\Phi}{R}.$$

(1) et (2) sont d'un emploi commode. Détails et exemples seront donnés ailleurs; il suffit d'indiquer ici que, dans les essais courants, (1) et (2) donnent facilement la précision suffisante de 1 à 2 %.

5. Nous avons eu à envisager enfin le cas où la section droite du barreau n'est pas simplement connexe (barreau creux, frontière formée de plusieurs contours). On sait qu'alors la fonction φ, qui peut toujours être prise nulle sur l'un des contours, doit être constante sur les autres, ses valeurs constantes étant choisies de façon à assurer la monodromie des déplacements élastiques.

Revenant à la réalisation analogique de $\Phi = \varphi - 1/4Fr^2$, la monodromie des déplacements revient à celle de Ψ, fonction conjuguée de Φ, donc à celle de la fonction de courant dans le bassin électrique. D'où les conditions suivantes : pour les électrodes qui forment chaque contour frontière, on aura à régler des différences de potentiel suivant la loi $- 1/4Fr^2 +$ const. (la valeur de la constante étant *a priori* inconnue), il faudra de plus (monodromie de Ψ) que le courant total débité par l'ensemble de ces électrodes soit nul. Il serait malaisé d'avoir à tenir compte, dans le réglage, de cette dernière condition, aussi convient-il de suivre, dans la réalisation, les principes posés par L. Malavard dans son calculateur d'ailes biplanes : alimentations indépendantes des divers ensembles d'électrodes définis plus haut, assurant ainsi, par le montage même, une intensité globale du courant débité nulle; le réglage ne porte plus alors que sur les différences de potentiel des électrodes d'un même groupe (Cf. L. Malavard, *Étude de quelques problèmes de la théorie des ailes*, fasc. 153 *des Public. Sc. du Min. de l'Air*, p. 154).

Des cas particuliers amènent des simplifications, notamment en choisissant l'origine O des rayons vecteurs r : si un arc de frontière est circulaire, on prendra O au centre de l'arc, qui sera alors formé par une seule électrode dans le modèle électrique. Soit, par exemple, une barre dont la section droite est limitée par deux circonférences excentrées c_1 et c_2. On prendra O au centre de c_1 qui sera donc frontière conductrice du bassin sans liaison avec le circuit électrique; une seule alimentation suffira pour les électrodes de c_2, dont les potentiels sont à régler comme indiqué, c_1 n'ayant qu'un effet de présence.

PHYSIQUE. — *Détermination des éléments de symétrie d'une courbe expérimentale. Formes analytiques convenant à la représentation des arcs expérimentaux strictement limités; cas des arcs symétriques.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

La conception que nous avons développée ([1]), de la courbe expérimentale *continue* $y(x)$, dans laquelle les mesures ne figurent que des points *isolés*, se prête à la détermination *très* précise d'un élément de *symétrie*. Les intégrales expérimentales étant calculées comme nous l'avons dit ([1]), l'abscisse s d'un axe de symétrie sera cherchée par la condition que l'intégrale de la fonction expérimentale ait la même valeur de o à s que de s à $2s$.

Les aires se composent de bandes, limitées par des ordonnées expérimentales comme nous l'avons dit, ou par des ordonnées intermédiaires que l'on *déplace* afin de chercher à satisfaire à la condition précédente. Nous avons donné ([2]) les formules permettant de calculer, dans tous les cas, les aires limitées par les ordonnées expérimentales. Voici, *pour compléter*, deux formules donnant, respectivement, l'aire S_0 comprise entre l'arc de parabole [défini par les ordonnées expérimentales y_0, y_1, y_2, d'abscisses o, l, $(l+m)$], l'axe des x, l'ordonnée d'abscisse o et l'ordonnée variable d'abscisse λ, et l'aire S_1 limitée par le même arc, l'axe des x, et les ordonnées d'abscisses l et $(l+\lambda)$:

$$6lm(l+m)S_0 = \lambda m[6l(l+m) - 6l\lambda - 3m\lambda + 2\lambda^2]y_0 + \lambda^2(l+m)(3l+3m-2\lambda)y_1 - \lambda^2 l(3l-2\lambda)y_2,$$

$$6lm(l+m)S_1 = -\lambda^2 m(3m-2\lambda)y_0 + \lambda(l+m)(6lm - 3\lambda l + 3\lambda m - 2\lambda^2)y_1 + \lambda^2 l(3l+2\lambda)y_2.$$

Nous avons appliqué ces considérations à la distribution de température définie par

x (cm)...	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
y (°).....	13,53	15,43	16,87	17,78	18,21	18,14	17,60	16,63	15,23	13,20	10,73	7,80

L'axe de symétrie est visiblement entre 4 et 5cm. Nous avons calculé l'intégrale de o à 4 et celle de 4 à 8, puis celle de o à 4,25 et celle de 4,25 à 8,50, et enfin celle de o à 4,5 et celle de 4,5 à 9. La première intégrale surpasse la deuxième, respectivement de $+3,13$, $+1,40$, et $-0,82$. En utilisant la formule d'interpolation par parties *non* proportionnelles

$$\xi(\eta_2-\eta_1)(\eta_3-\eta_2)(\eta_3-\eta_1) = \eta_2[\varepsilon_3\eta_1(\eta_2-\eta_1) - \varepsilon_1\eta_3(\eta_3-\eta_2)]$$

([1]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 329.

([2]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 475.

donnant le zéro ξ de la fonction qui prend respectivement les valeurs η_1, η_2, η_3, deux points d'abscisse $-\varepsilon_1$, o, $+\varepsilon_3$, on trouve pour ξ (les deux intégrales sont alors égales) la valeur 0,167, d'où résulte, pour l'axe de symétrie, l'abscisse $s = 4,417^{\text{cm}}$.

Si le domaine expérimental est essentiellement *limité* (par exemple, barreau chauffé par l'intérieur, dont on refroidit les extrémités), l'allure, *vers l'infini*, des expressions analytiques représentatives, n'a plus d'importance; les fractions rationnelles ne s'imposent plus, et l'objection faite [1] contre les exponentielles tombe, l'étendue très limitée du domaine expérimental excluant le cas où certaines des exponentielles s'éteindraient trop vite.

La représentation avec deux *exponentielles* et 5 paramètres, antérieurement étudiée [3], ne comporte plus que 4 paramètres si la courbe expérimentale a un *élément de symétrie*, les exposants des deux exponentielles étant égaux et de signes contraires. Soient y_1, y_2, y_3, y_4 les valeurs moyennes de la fonction expérimentale dans les 4 intervalles fondamentaux, *de largeur unité pour simplifier les notations*. Si les exponentielles sont imaginaires, la fonction théorique est de la forme

$$(\mathrm{M} + \mathrm{N}\cos ax + \mathrm{P}\sin ax),$$

$\cos a$ étant égal à $(y_1 - y_2 + y_3 - y_4) : 2(y_3 - y_4)$.

Si les exponentielles sont réelles, il s'introduirait un sinus ou un cosinus hyperbolique, suivant qu'il y a centre ou axe de symétrie. La loi étant de la forme $(\mathrm{M} + \mathrm{A}e^{ax} + \mathrm{B}e^{-ax})$, en désignant par r l'excès $(e^a - 1)$, on obtient r par l'équation

$$(y_2 - y_3)r^2 = (y_1 - 3y_2 + 3y_3 - y_4)(r + 1).$$

L'axe (ou le centre) est donné par le point de la courbe de pente (ou de courbure) nulle.

Cette représentation exponentielle est, par le nombre des paramètres, l'analogue d'une représentation par *polynome*, du 3ᵉ ou du 4ᵉ degré selon le cas. Mais elle offre cet avantage supplémentaire (très important, si l'élément de symétrie, dont l'existence peut être connue *a priori*, est trop mal placé pour être susceptible de la détermination directe indiquée plus haut), de conduire à une détermination très simple de l'élément de symétrie.

---

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 845.

Il arrive ([2]) que l'inconnue du problème soit la *courbure* de la courbe au point situé sur l'axe de symétrie. Comme r est souvent petit, on peut effectuer les calculs sans expressions transcendantes. Voici deux formules, très suffisamment *approchées* pour la pratique, donnant respectivement l'abscisse s du sommet, et la dérivée seconde D en ce point

$$s \sim 2 + u + u(u+1)(2u+1)r^2 : 6, \qquad D \sim \Delta[4-(2u+1)r^2] : 4,$$

u est le rapport $\delta : \Delta$, δ désignant $(y_2 - y_3)$, et Δ, $(y_1 - 2y_2 + y_3)$.

Si r^2 est *imaginaire*, ces formules restent valables : on réduit r^2 à sa partie réelle.

Dans le problème cité, les valeurs moyennes y_i, dans chacun des intervalles de 2,75 cm, étant 15,8750 — 18,0722 — 16,6379 — 11,5655, et r valant 0,069472, nous avons trouvé, pour D, 0,4800, et, pour s, 4,414 cm. Les considérations *directes* de symétrie moyenne avaient donné 4,417 cm. La valeur qui vient d'être obtenue apporte aux procédés de calcul une *confirmation* fort intéressante, car, ayant résulté de l'annulation de la *dérivée* d'une formule *représentative*, elle eût pu différer notablement de la valeur directe.

Si l'axe de symétrie est trop voisin du *milieu* du domaine expérimental, le calcul indiqué manque de précision. Il faut alors, avant tout, déterminer l'abscisse de l'axe, qu'on prend pour origine; et, partageant le *demi*-domaine expérimental en trois régions fondamentales, où les valeurs expérimentales moyennes sont y_1, y_2, y_3, on détermine une fonction représentative $(M + A\,\text{ch}\,ax)$. δ_1 et δ_2 désignant $(y_2 - y_1)$ et $(y_3 - y_2)$, ch$\,a$ est égal à $\delta_2 : 2\delta_1$, et la dérivée seconde à l'origine vaut sensiblement $4\delta_1^2 : (2\delta_1 + _2\delta)$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'étude calorimétrique des solutions aqueuses de quelques sels de potassium.* Note de M. **Jean Perreu.**

J'ai effectué, au voisinage de 18°C, une série de mesures calorimétriques relatives aux solutions aqueuses binaires de chromate neutre et de bichromate. Les chaleurs différentielles de dissolution, $q_{c'}$ de ces deux sels dans leurs solutions aqueuses respectives et les chaleurs de dilution intégrales $L_{c'}$ de ces solutions, ont été déterminées au calorimètre de Berthelot; la mesure des chaleurs spécifiques γ, des liquides étudiés a été réalisée, de 18° à 20°, par la méthode du *calorifère* ([1]).

([1]) *Thèse*, Paris, 1936, p. 47.

Les concentrations initiales des solutions employées sont à la fois exprimées, par le nombre de grammes, p, de sel dissous dans 100^g d'eau, par le nombre h de molécules-grammes d'eau correspondant à une mol-g de sel, et enfin par le nombre c de mol-g de sel par mol-g d'eau.

1° *Chromate neutre*, CrO^4K^2. — La chaleur de dissolution initiale, q_0 de la mol-g de sel et les chaleurs de dilution $L_c^{c'}$ correspondent à la concentration finale $p' = 1\%$; $h' = 1077,8$; $c' = 0,00093$.

Concentrations initiales.								
p.	h.	c.	γ_m (18-20°).	q_c.	$L_c^{c'}$.	Q_c calc.	a_C (sol sat.).	
0	∞	0		$-4^{cal},98\ (q_0)$				
10	107,78	0,0093	0,895	$-3,90$				
20	53,89	0,0186	0,813	$-3,20$	$-0^{cal},95$	$-4^{cal},03$		
30	35,92	0,0278	0,752	$-2,81$	$-1,26$	$-3,72$		
40	26,94	0,0371	0,706	$-2,55$	$-1,55$	$-3,43$		
50	21,56	0,0464	0,671	$-2,38$	$-1,78$	$-3,20$		
60	18,49	0,0541	0,641	$-2,31$	$-1,94$	$-3,04$		
62,5 (sat.)	17,24	0,0580 (C)	0,634	$-2,29\ (q_C)$	$-1,98\ (L_C)$	$-3,00\ (Q_C)$	$-0^{cal},77$ (mes.)	$-0^{cal},80$ (calc.)

Les chaleurs spécifiques γ_m (18-20°) peuvent être représentées par la formule

$$\gamma_m\,(18\text{-}20°) = \frac{6,355 + h}{20,222 + h}. \tag{1}$$

J'ai calculé les chaleurs intégrales de dissolution Q_c, à l'aide de la relation

$$Q_c = q_0 - L_c. \tag{2}$$

La chaleur d'addition de la solution saturée, a_C, a été directement mesurée puis calculée à partir des chaleurs de dilution, d'après la formule

$$a_C = -h\frac{dL_c}{dh}. \tag{3}$$

Enfin, la chaleur limite q_C, déterminée par extrapolation de la courbe $q_C = f(c)$, a aussi été calculée avec la relation

$$q_C = q_0 - L_C - a_C, \tag{4}$$

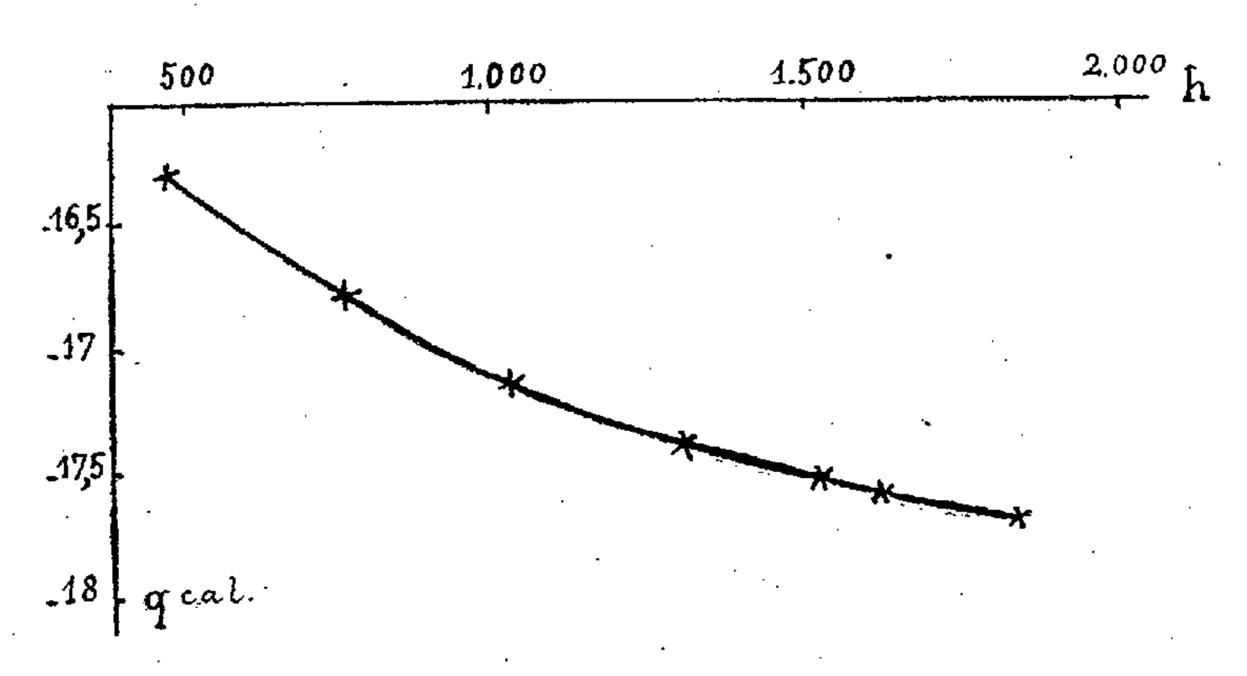
ce qui m'a donné $q_C = -2^{cal},27$, nombre très voisin de celui qui est fourni par la méthode directe.

2° *Bichromate*, $Cr^2O^7K^2$. — La chaleur de dissolution initiale q_0 de la mol-g de ce sel dans un grand excès d'eau, varie notablement avec le

nombre h', de mol-g d'eau employées, comme l'indiquent les résultats suivants :

h'	474	763	1030	1350	1525	1633	1850
q_0 (cal.).....	−16,28	−16,77	−17,13	−17,40	−17,50	−17,56	−17,68

Ces résultats sont représentés par le graphique ci-dessous.



Dans le tableau suivant, les valeurs de q_0 et de L_c correspondent à la concentration finale : $p' = 1\ \%$; $h' = 1633,3$; $c' = 0,00061$.

Concentration initiale.							a_c (sat.).	
p.	h.	c.	γ_m(18°-20°).	q_c (cal)	$L_c^{c'}$ (cal)	Q_c calc. (cal)	(cal)	(cal)
0	∞	0		−17,56 (q_0)				
2	816,67	0,00122	0,973	−16,27				
4	408,33	0,00245	0,952	−15,92				
6	272,22	0,00367	0,934	−14,98	−1,73	−15,83		
8	204,17	0,00490	0,920	−14,65	−1,84	−15,72		
10	163,33	0,00612	0,905	−14,48	−1,96	−15,60		
12	136,67	0,00734	0,895		−2,08	−15,46		
12,3 (sat.)	132,79	0,00753 (c)	0,893	−14,36 (q_c) (extrap.)	−2,10	−15,42	−1,07 (mesuré)	−1,08 (calculé)

La formule

$$\gamma_m(18°\text{-}20°) = \frac{87,83 + h}{113,94 + h} \tag{5}$$

représente convenablement les mesures des chaleurs spécifiques.

Le calcul de la chaleur limite q_c donne $-14^{\text{cal}},39$, au lieu de $-14^{\text{cal}},36$, valeur trouvée par la méthode directe.

Les valeurs trouvées par extrapolation, pour la chaleur de saturation q_c, des deux sels étudiés, sont en bon accord avec celles qui ont été calculées, par voie indirecte.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Loganiacées. Développement de l'embryon chez le* Buddleia variabilis *Hemsley*. Note de M. **René Souèges**, transmise par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les rapports phylétiques des Loganiacées sont toujours très discutés. jusqu'ici on n'a pu faire intervenir dans les discussions les données tirées des lois qui président au développement de l'embryon, aucun représentant de la famille n'ayant encore été sérieusement examiné à ce point de vue. Comme le montrent les figures 1 à 17, chez le *Buddleia variabilis*, ces lois offrent la plus grande régularité. Elles sont semblables à celles qui ont été déjà établies au sujet du *Veronica arvensis* (1) et au sujet de beaucoup d'autres espèces se rattachant au type embryonomique des Crucifères.

Il se constitue d'abord une tétrade en T régulière (*fig.* 3) par division longitudinale de la cellule apicale (*fig.* 2), puis segmentation transversale de la cellule basale du

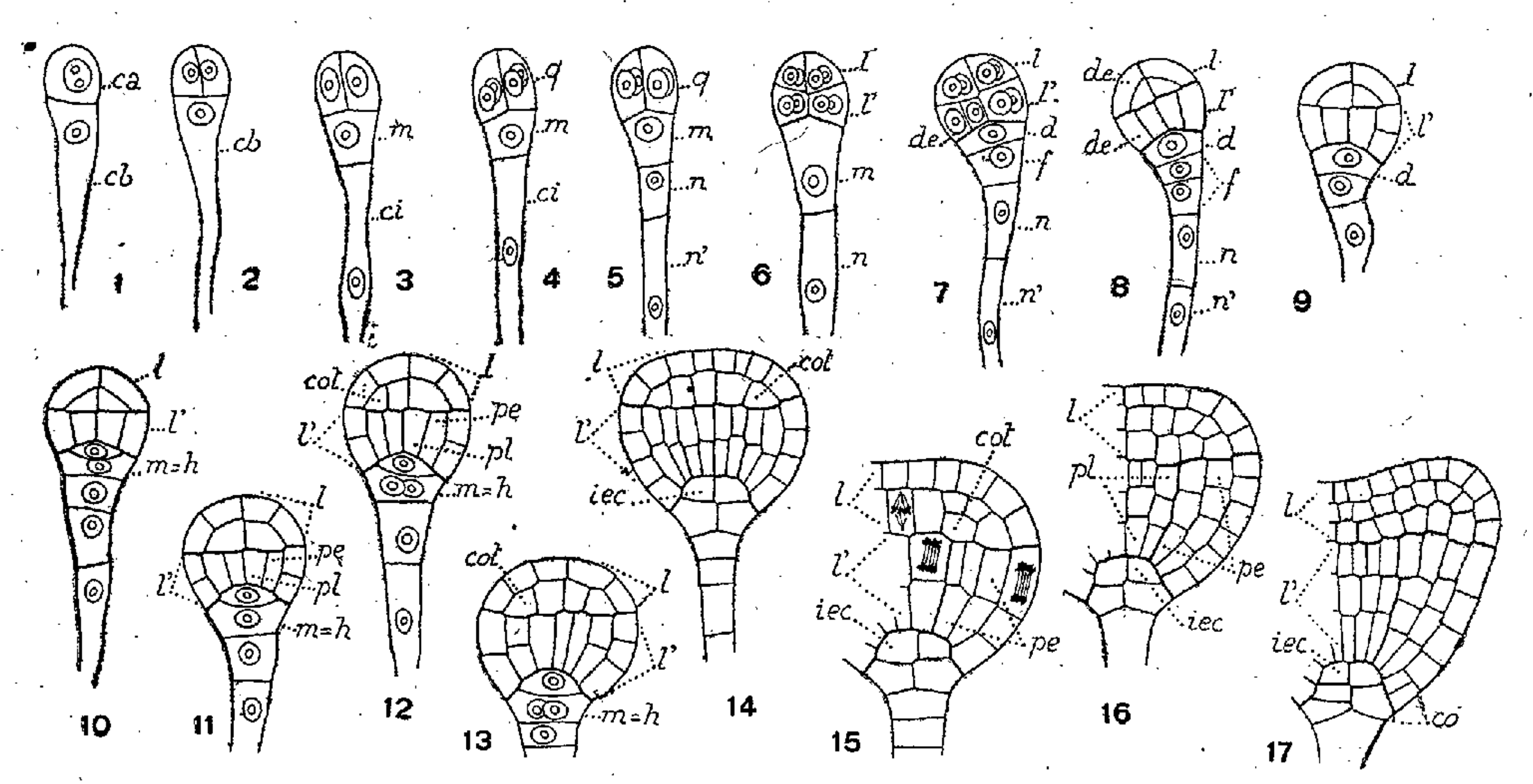


Fig. 1 à 17. — *Buddleia variabilis* Hemsley. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *d*, cellule-fille de *m* ou hypophyse; *f*, cellule-fille de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *cot*, cellule-mère du cotylédon. G. = 320.

proembryon bicellulaire. Les deux éléments supérieurs de la tétrade se divisent ver-

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 703.

ticalement pour donner quatre quadrants groupés autour de l'axe (*fig.* 4); ceux-ci, à leur tour, se segmentent transversalement pour engendrer quatre octants supérieurs, *l*, et quatre octants inférieurs, *l'* (*fig.* 6). Les quatre octants supérieurs produisent la partie cotylée. Les premières cloisons, dans leur intérieur, sont tangentielles et individualisent d'emblée le dermatogène (*fig.* 8 à 10). Dans les quatre cellules sous-épidermiques, des parois verticales séparent, vers l'extérieur, des cellules dont deux, diamétralement opposées sur le plan transversal, deviennent cellules-mères des cotylédons, *cot*, et, autour de l'axe, des éléments qui entrent dans la constitution du point végétatif de la tige. Les octants inférieurs donnent naissance à la partie hypocotylée. Dans leur intérieur, les premières parois sont verticales et séparent d'abord le dermatogène (*fig.* 7, 10), puis le périblème et le plérome (*fig.* 11, 12). Les cellules-mères des trois histogènes se multiplient ensuite régulièrement selon les lois ordinaires qui président à la construction de ces trois tissus fondamentaux.

L'élément *m* de la tétrade (*fig.* 3) se segmente transversalement en deux cellules superposées, *d* et *f* (*fig.* 8, 9). C'est la cellule *d* qui se convertit généralement en cellule hypophysaire. En 10 et 11, on peut remarquer son mode caractéristique de division par une cloison horizontale légèrement incurvée séparant, vers le haut, la cellule-mère des quatre initiales de l'écorce de la racine vers le bas, un élément qui, par divisions d'abord verticales cruciales, puis horizontales ou tangentielles, produira le primordium de la coiffe (*fig.* 14 à 17). La cellule *f* et les quelques éléments engendrés par la cellule inférieure *ci* de la tétrade donnent naissance à un suspenseur étroit, filamenteux, très tôt résorbé par l'albumen.

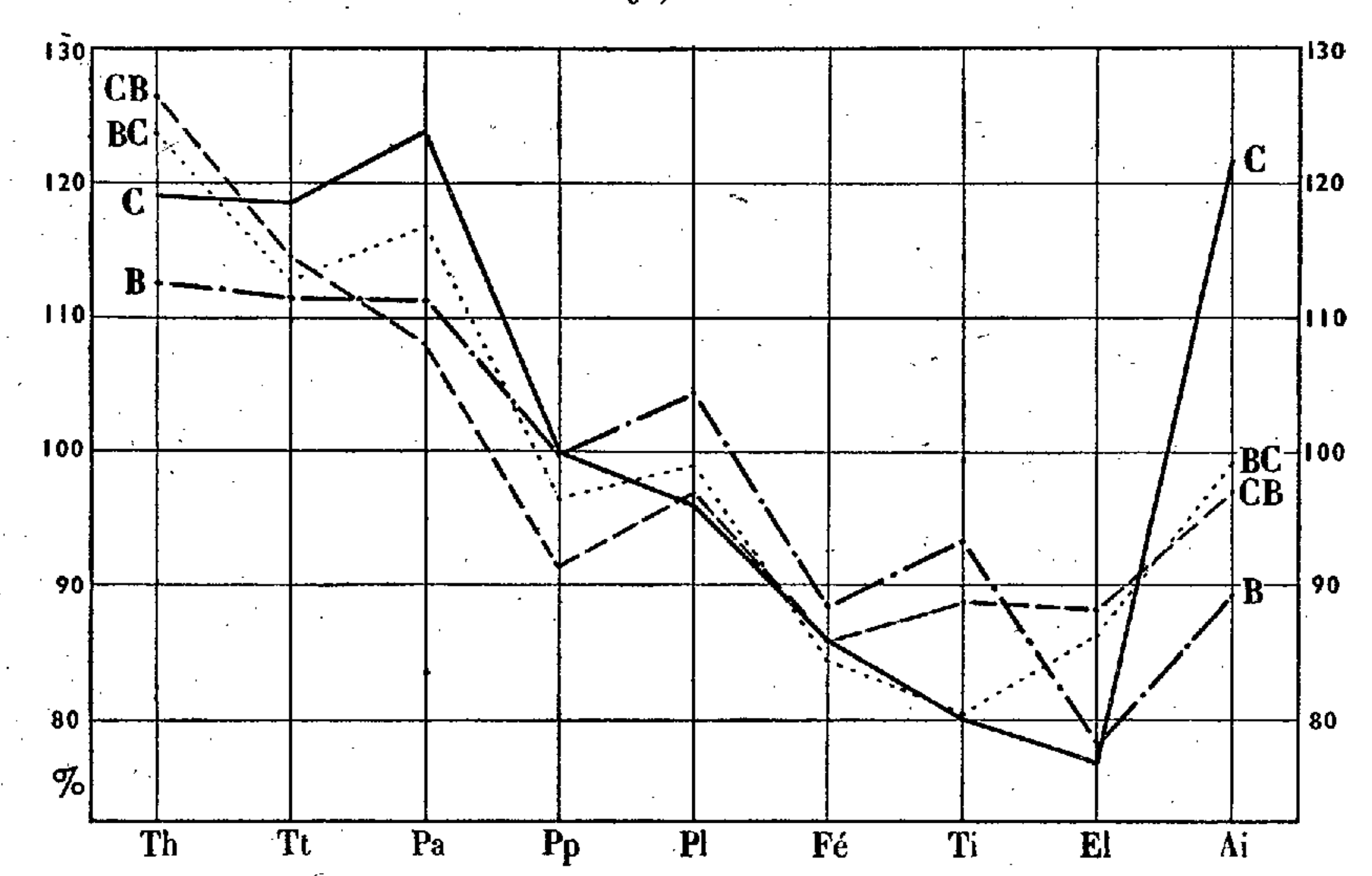
Aucune différence essentielle ne permet de séparer l'embryon du *Buddleia variabilis* de celui du *Veronica arvensis*. Les lois qui président à la construction de l'embryon proprement dit, le mode de différenciation de l'hypophyse aux dépens de la cellule intermédiaire de la tétrade, l'origine et la forme du suspenseur sont, dans les deux cas, exactement les mêmes. Les Loganiacées, ou tout au moins les Buddléioïdées, offrent assurément avec les Scrofulariacées les liens les plus étroits de parenté. Les deux familles peuvent ainsi rationnellement être placées côte à côte dans l'alliance des Labiatiflores; la présence, chez les *Buddleia* (²), d'haustoria d'origine endospermique et la formation d'un albumen dit cellulaire sont d'ailleurs deux caractères, communs à la plupart des Labiatiflores, qui plaident en faveur de cette conclusion.

(²) P. Dop, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 60, 1913, p. 6, 45, 92.

GÉNÉTIQUE. — *Sur les gradients de croissance différentielle chez les ♂ de* Gryllus campestris *L.*, Gr. bimaculatus *de Geer et leur transmission héréditaire chez les hybrides réciproques de ces deux espèces.* Note de M^lle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai proposé (¹) une méthode pour le calcul des *coefficients de variabilité différentielle*, qui rendent possible l'évaluation et la comparaison du pouvoir intrinsèque de développement pour les caractères morphométriques de différents lots d'animaux appartenant à des espèces, races ou sexes différents.

Si l'on porte les coefficients de variabilité différentielle sur un diagramme, on obtient le gradient des potentialités des différents caractères (gradients de croissance relative de J. Huxley).



Le graphique ci-dessus représente quatre gradients superposés, correspondant à quatre catégories de Grillons ♂ : *C*, (*campestris*); *B*, (bimaculatus); leurs hybrides (*C*♀ × *B*♂ et *B*♀ × *C*♂). En abscisses sont portés, à intervalles égaux, neuf caractères *se suivant dans l'axe antéropostérieur de l'Insecte*. *Th*, (hauteur de la face); *Tt*, (largeur de la tête); *Pa*, *Pp*, (largeurs du pronotum avant et arrière); *Pl* (longueur du pronotum); *Fe* et *Ti*, *El* et *Ai*, (longueurs du fémur et du tibia postérieurs, des élytres et des ailes). En ordonnées sont portées les valeurs des coefficients de variabilité différentielle en % de la valeur moyenne des huit premiers caractères. Le caractère *Aile* extrêmement instable, donc de très grande variabilité, est exclu du calcul de la moyenne. Nombre de Grillons 822.

(¹) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 113.

Les principales constatations qui découlent de l'examen de ce diagramme sont : 1° Les 4 gradients, pour les 8 caractères, ont tous une allure générale semblable, mais se distinguent les uns des autres par des variations différentielles plus ou moins accusées. 2° Ils sont tous quatre du type antéro-postérieur, avec les valeurs maxima (centres de croissance de J. Huxley) correspondant au *Th*, sauf chez *C* où le maximum se rapporte au *Pa*. Chez l'espèce *C*, une autre valeur maximum correspond aux ailes, dont le coefficient est bien au-dessus (+ 33 %) de celui de l'espèce *B*. Le fait est d'autant plus singulier que *B* a des ailes longues et *C*, au contraire, a des ailes atrophiées, qui ne dépassent pas les élytres. 3° Les espèces parentes, *C* et *B*, ont les mêmes valeurs des coefficients pour un caractère situé au milieu du corps, la largeur du pronotum postérieur, $Pp = 100\%$. De part et d'autre de *Pp*, on remarque que les trois caractères appartenant à la partie antérieure du corps, *Th*, *Tt* et *Pa*, ont des coefficients au-dessus de 100, les quatre postérieurs *Pl*, *Fe*, *Ti*, *El* (exception faite de *Pl* pour l'espèce *B*) ont des coefficients au-dessous de 100. Ceci correspond à une inversion dans l'allométrie des organes, qui, pour les deux espèces, manifestent ainsi une tendance à une plus grande potentialité de développement dans la partie antérieure que dans la partie postérieure du corps. Le diagramme souligne encore un fait remarquable, relatif aux caractères distinctifs des espèces dont les potentialités de développement sont de tendances opposées. En effet les trois caractères antérieurs ont des coefficients plus élevés chez l'espèce *C* que chez l'espèce *B* et, inversement, les caractères postérieurs ont leurs coefficients plus élevés chez *B* que chez *C*. Ainsi, la séparation des espèces ne peut que s'accentuer avec l'augmentation de la taille des individus, ou par l'évolution de l'espèce, si celle-ci porte sur la taille. Quant aux plus grandes différences entre les valeurs des coefficients des mêmes caractères chez *C* et *B*, elles concernent les ailes (environ 30 %), *Pa* et *Ti* (environ 13 %), tous trois caractères spécifiques. 4° Les gradients de croissance des hybrides *BC* et *CB* sont très similaires. Pour ces deux hybrides, les caractères *Th* et *El* ont des coefficients supérieurs à ceux des parents, mais le coefficient du caractère *Pp* est, par contre, nettement inférieur, alors que ceux des caractères *Tt*, *Pl* et *Ai* sont intermédiaires. Les centres de croissance correspondant aux coefficients maxima, se rapportent à la tête (*Th*), les minima aux caractères des pattes (*Fe* et *Ti*). Les plus grandes différences entre les hybrides correspondent à *Pa* et *Ti*, qui sont les deux caractères les plus divergents chez *C* et *B* (exclusion faite des ailes). Les coefficients de ces deux caractères divergent

en sens opposés chez les parents comme chez les hybrides. Chez ces derniers, le sens de la divergence est conditionné par l'influence du parent ♂ : le *BC* suit le gradient de *C* et le *CB* le gradient de *B*.

Sur le diagramme ci-dessus, on peut bien observer cette interdépendance des coefficients des hybrides et de leurs parents, soit par le voisinage des points représentatifs, soit par l'allure des gradients. Exception faite pour les caractères *Th* et *El*, le tracé d'ensemble des gradients pour *C* et *BC* d'une part, et *B* et *CB* d'autre part, est sensiblement parallèle. Ceci confirme l'influence patrocline prépondérante dans la transmission héréditaire des possibilités ou potentialités évolutives de différents caractères. La transmission de ce pouvoir de croissance différentielle, propre à chaque espèce, se montre, en outre, indépendante de la transmission des caractères eux-mêmes, ces derniers étant transmis aux hybrides suivant des modalités de dominance, liaison au sexe etc., et dont un essai d'évaluation, au moyen de coefficients d'hybridation, a été donné antérieurement.

En dehors de l'intérêt que présente, pour les questions d'hérédité, la comparaison des gradients entre les hybrides et les espèces parentes, il est certain que l'application de ces méthodes à l'étude comparative des Sauterelles, pourra donner des résultats des plus instructifs, sur leur morphogénèse et sur la divergence des proportions des individus appartenant à des *phases* différentes.

BOTANIQUE. — *Vers la solution expérimentale des problèmes phylétiques par l'étude des croisements interspécifiques.* Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Marin Molliard.

La solution des problèmes phylétiques, c'est-à-dire de ceux qui concernent les rapports naturels (ou affinités naturelles) des espèces, est souvent fort hypothétique lorsqu'on ne dispose pour leur étude que des méthodes d'observation morphologique. Aussi est-il indispensable de recourir au contrôle par *recoupements*, en utilisant comparativement les observations reposant sur des disciplines variées (anatomie, cytologie etc.), ou mieux encore aux méthodes expérimentales susceptibles de mettre en évidence les affinités mutuelles ou l'origine et les dérivations des espèces. Ce sont en effet ces notions mêmes qui se trouvent à la base de la classification naturelle, l'ordre systématique des espèces devant exprimer à la fois leur proximité phylétique et leur enchaînement phylogénétique. Voici deux exemples de ces expériences, se rapportant à des Graminées :

I. *Les rapports phylétiques des trois Bromes des moissons*, B. (Serrafalcus) secalinus L., B. (S.) grossus *Desf.*, B. (Michelaria) arduennensis *Dmrt.* — Dans une première série d'expériences (1), j'ai mis en évidence l'existence d'une affinité très proche entre *B. grossus* et *B. arduennensis*, ces deux espèces formant entre elles des hybrides fertiles, dont la disjonction suit le type des dihybrides mendéliens. Les cultures effectuées cette année, malgré leur caractère restreint imposé par les circonstances, confirment entièrement cette interprétation. C'est ainsi qu'en reprenant un semis de F_2 (issu de *B. grossus* × *arduennensis*), j'ai obtenu les quatre formes prévues, y compris le *B. arduennensis* typique, absent, à cause de sa faible fréquence en F_2 (double récessif), de mes résultats précédents. D'autre part, en F_3, le schéma génétique proposé l'an dernier s'est encore trouvé vérifié par la réapparition du *B. arduennensis* typique dans la descendance de certains individus des deux nouvelles combinaisons, aussi bien de *B. grossus nitidus* que de *B. arduennensis villosus* (hétérozygotes *Aabb* et *aabB*). Les deux espèces étudiées se comportent donc comme deux variétés différant seulement par deux couples de facteurs héréditaires.

Existe-t-il des relations analogues avec *B. secalinus*, que certains systématiciens rapprochent étroitement des deux espèces précédentes ? Pour répondre à cette question, j'ai réalisé les croisements suivants : *B. secalinus* × *grossus nitidus* et *B. secalinus* × *arduennensis*. La culture de ces hybrides, effectuée pour la première fois cette année, montre qu'ils sont entièrement fertiles, ce qui paraît indiquer que les trois espèces, malgré les différences morphologiques considérables qui les séparent, se comportent comme trois variétés, qui devraient être mises sur le même plan au sein d'une même *espèce collective*, remarquablement polymorphe.

D'autre part, une série de croisements entrepris entre les membres de cette espèce collective et les espèces voisines *B. arvensis* L. et *B. macrostachys* Desf. m'a fourni invariablement des hybrides stériles dans tous les cas étudiés. Cependant les différences morphologiques qui séparent ces espèces des trois Bromes des moissons paraissent souvent minimes, en comparaison de leurs propres différences (notamment avec *B. arduennensis*).

On voit, sans nous étendre davantage sur cet exemple, le rôle que peut jouer l'étude méthodique des croisements expérimentaux pour la détermination des affinités et l'établissement rationnel de la classification.

II. *L'origine et la signification phylétique des variations de l'indument des*

(1) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 696.

épillets. — On sait que de nombreuses espèces de Graminées se rencontrent souvent sous deux formes, qui diffèrent à peu près uniquement par la pilosité ou la glabréité des épillets et de leurs pédicelles. Or, en raison même de cette fréquence, en particulier chez les Bromes, un certain nombre de systématiciens croient pouvoir négliger ce caractère, et l'omettre dans leurs descriptions (²), ou encore considèrent invariablement les formes glabres comme typiques et les velues comme variétés (³). En réalité il s'agit là, ainsi que les sélectionneurs de céréales l'ont depuis longtemps reconnu pour les Blés, Orges etc., d'un caractère descriptif bien constant; et les expériences suivantes montrent que les variations qui peuvent affecter à cet égard les diverses espèces tirent leur origine de croisements antérieurs plus ou moins lointains.

En premier lieu, si nous reprenons l'exemple étudié au paragraphe précédent, nous voyons que, dans le croisement de *B. grossus* (typiquement velu) avec *B. arduennensis* (typiquement glabre), l'apparition des variétés inverses est le résultat de la disjonction mendélienne. Or on sait que les combinaisons nouvelles ainsi obtenues sont susceptibles de se fixer immédiatement (descendance des homozygotes), et doivent par conséquent, bien qu'étant d'origine hybride, prendre place dans la classification au même titre que les autres bonnes variétés.

Mais des croisements non mendéliens peuvent aussi aboutir à la formation de variétés stables différant de la forme typique par l'indument. J'ai montré en effet en 1937 (⁴) que le croisement deux fois répété de *B. madritensis* L. par *B. sterilis* L. permettait de reconstituer par synthèse génétique la forme velue, décrite par les auteurs dans la nature sous le nom de *B. sterilis* var. *velutinus* Volkart. Mais divers incidents de culture ne m'avaient pas permis jusqu'ici d'étudier la descendance de l'unique pied de cette variété reconstituée. J'ai réussi cette année à en obtenir deux plantes bien développées et parfaitement fertiles, présentant tous les caractères de la variété naturelle velue. Or il est à remarquer que le croisement initial, *B. madritensis* × *sterilis*, avait donné des hybrides entièrement stériles, à l'exception de l'unique caryopse obtenu par fécondation artificielle, origine de la variété reconstituée.

En résumé, on voit que ces modifications indumentaires représentent la

(²) T. Husnot, *Graminées*, Athis, 1896-99, p. 69.
(³) Cf. A. de Cugnac et A. Camus, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 83, 1936, p. 55.
(⁴) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1088.

trace d'hybridations, qu'elles peuvent inversement servir à déceler. Quant à leur fréquence dans certains groupes, comme celui des Bromes ou des Blés, elle est un signe fort intéressant de leur aptitude aux croisements interspécifiques, de type mendélien ou non.

ZOOLOGIE. — *Incubation des œufs et viviparité chez les Cœloplanides indochinois*. Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai eu l'occasion d'observer en Indochine la reproduction sexuelle de cinq espèces de *Cœloplana*, *C. agniæ* Daw., *gonoctena* Kr., *Duboscqui* Daw., *Perrieri* Daw. et *Weilli* Daw. Toutes ces espèces, exception faite pour *C. Weilli*, sont ovipares. Elles pondent les amas d'œufs sur le substratum qu'elles ont adopté pour support et l'organisme maternel protège la ponte pendant toute la durée de l'ontogenèse. Mais j'ai acquis la certitude que, dans la Mer de Chine, existent des *Cœloplanidæ*, qui, comme les Cténophores typiques, pondent des œufs libres, pélagiques. En effet, un coup de filet m'a procuré, un jour (Golfe de Siam, Poulo-Dama, novembre 1931) un bon nombre d'œufs flottants du type cténophorien, qui ont attiré tout de suite mon attention par une particularité de leur structure : le développement très faible de la masse gélatineuse qui englobe l'œuf sous sa membrane ovulaire; cela m'a fait supposer qu'il s'agissait des œufs d'une Cœloplanide. En effet, isolés dans une cuvette, ces œufs ont donné des larves qui appartenaient incontestablement à un *Cœloplana*.

Toutes les espèces de *Cœloplana* indochinois que j'ai observées sont des formes incubatrices, l'incubation des œufs présentant chez elles toute une série de gradations, depuis la simple protection de la ponte par le corps maternel, jusqu'à une véritable viviparité.

Sous la forme la plus primitive, l'incubation des œufs s'observe chez les *Cœloplana agniæ*, *gonoctena* et *Duboscqui*. Les œufs, évacués au dehors et agglutinés par une substance visqueuse transparente, sont appliqués à la face orale de la femelle, qui les protège jusqu'au moment de l'éclosion des larves. Il n'y a pas ici de véritable incubation au sens morphologique, mais il n'en est pas moins vrai que, physiologiquement, les replis cutanés de la face ventrale du corps de *Cœloplana*-mère jouent un rôle de chambre incubatrice primitive. La ponte reste libre, mais son rattachement au corps de la mère est assuré par les replis des téguments de celle-ci, même pendant ses déplacements. Le *Cœlaplana* glisse sur le substratum, sans que les embryons soient détachés de son corps. D'ailleurs, pendant la

période incubatrice, la femelle manifeste une extrême nonchalance, ne sortant de son immobilité que dans les cas d'une nécessité urgente.

Cœloplana Perrieri, des eaux cambodgiennes, présente, au point qui nous occupe, quelques particularités fort intéressantes. Il s'agit aussi d'une forme ovipare, mais la protection des embryons prend, chez cette espèce, le caractère d'une véritable incubation. Contrairement à ce que nous avons vu chez les espèces précédentes, *C. Perrieri* ne pond qu'un nombre très restreint d'œufs (8-10). Évacués au dehors par la bouche, les œufs restent individualisés, ne s'accumulant pas en une ponte agglutinée. Une fois pondus, ils restent couverts par la face orale de la femelle, qui subit alors des changements morphologiques importants, concernant la structure des téguments oraux dans la zone marginale du corps. En effet, en examinant cette dernière pendant la période d'incubation des jeunes, on peut constater que ceux-ci se trouvent profondément enchâssés dans des sortes d'alvéoles, creusés dans le tégument maternel et dont chacun ne renferme qu'un seul embryon. Ces diverticules en cul-de-sac du tégument ventral de *Cœloplana* forment donc de véritables loges incubatrices provisoires, dans lesquelles les embryons subissent leur évolution jusqu'au stade de sortie des larves. On ne connaît pas très bien les relations physiologiques de l'embryon avec l'organisme maternel. Ce qui est certain, c'est que les œufs restent libres à l'intérieur des poches incubatrices et que les parois de ces dernières ne subissent aucune modification histologique notable en vue d'assurer la nutrition des embryons aux dépens de leur mère. Mais, en considérant l'abondance des vaisseaux gastrovasculaires sous les téguments de la zone marginale où se trouvent englobés les embryons, je ne puis m'empêcher de penser que ces derniers reçoivent de leur mère un apport considérable de substances nutritives.

Le troisième type d'incubation se rencontre chez *Cœloplana Weilli*, qui présente, sous ce rapport, un intérêt considérable. En 1932, H. Tanaka a décrit la viviparité chez *C. mitsukurii* Abbott du Japon. Jusqu'à présent cette observation reste isolée. Or on n'apprendra pas sans intérêt que mes constatations sur la reproduction sexuelle de *C. Weilli*, faites en 1939, confirment pleinement celles de Tanaka. En effet, en observant la ponte chez ce *Cœloplana*, j'ai pu constater que *les œufs effectuent leur développement à l'intérieur de l'organisme maternel dans les canaux méridiens*. Les embryons sont évacués au dehors par la bouche à un stade très avancé et, aussitôt après l'évacuation, l'éclosion a lieu : ils sortent de leurs coques (membrane ovulaire) à l'état de larves. Il convient d'insister sur le fait que les embryons restent absolument libres à l'intérieur de la mère, sans

s'attacher à la paroi des canaux gastrovasculaires, de sorte que, chez cette espèce, il n'y a aucune réalisation de placentation. Cependant l'abondance des matières nutritives dans le milieu où se passe le développement me conduit à penser qu'il y a là une nutrition effective des embryons.

Il nous reste à mentionner que chez les *Cœloplana* annamites et cochinchinois (*agniæ*, *gonoctena*, *Duboscqui*), j'ai observé la reproduction sexuée pendant toute la belle saison de l'année (de mai jusqu'à octobre), qui correspond, dans ces parages, à la période de la mousson de Sud-Ouest. Les formes cambodgiennes (*Perrieri* et *Weilli*) passent à la reproduction sexuelle aussi pendant la saison estivale, mais, dans le Golfe de Siam, celle-ci coïncide avec la mousson de Nord-Est, qui souffle de novembre jusqu'à mars.

HISTOPHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Réductions oculaires par dégénérescence chez les Crustacés.* Note de M^lle **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

Au cours de recherches sur l'histophysiologie comparée des yeux des Arthropodes, et qui portent déjà sur l'étude d'une centaine de types environ, j'ai constaté la dégénérescence partielle de l'œil de divers Crustacés adultes. Cette dégénérescence conduit à une réduction morphologique et fonctionnelle de l'organe.

Les réductions oculaires ont déjà fait l'objet de nombreux travaux. Ceux-ci se trouvent résumés d'une part dans les lois formulées par F. Picard (¹), d'autre part dans les conclusions des récentes recherches de F. Bernard (²) sur la morphogénèse des yeux composés d'Arthropodes.

Selon Picard, les yeux réduits seraient caractérisés par la diminution du nombre et la dissociation des ommatidies et par la dégénérescence des parties réfringentes externes succédant à celle de la rétinule.

D'après Bernard, trois processus semblent intervenir dans la morphogénèse des yeux réduits : l'atrophie, la dégénérescence secondaire qui affecte principalement les ganglions optiques, l'hypertrophie des parties réfringentes corrélative de la réduction des rétinules.

Les processus de réductions oculaires que je décris ici correspondent à une dégénérescence de l'œil lui-même chez l'individu adulte. Cette dégénérescence atteint d'abord et principalement la partie moyenne de

(¹) *Bull. scient. France-Belgique*, 57, 1923, p. 490.
(²) *Bull. biol. France-Belgique*, suppl. 23, 1937, p. 1-162.

l'ommatidie, rhabdôme et portion externe et moyenne de la rétinule. Secondairement, les parties réfringentes externes et la zone profonde de la rétinule peuvent être atteintes. Jusqu'à plus ample informé, seuls les Crustacés décapodes paraissent présenter ce type de réduction oculaire. Je l'ai constaté chez *Leander serratus* F., *Galatea strigosa* L., *Galatea squamifera* Leach., *Eupagurus excavatus* Herbst, *Eupagurus anachoretus* Risso., *Euparugus Prideauxi* Leach., *Corystes cassivelaunus* Penn., *Pachygrapsus marmoratus* Fabr., *Portunus depurator* L., *Portunus puber* L., *Xantho rivulosus* Risso.

Selon les espèces, les caractères anatomiques de la dégénérescence varient. Chez *Leander serratus* et *Galatea strigosa* et *squamifera*, la périphérie de l'œil est seule intéressée. Sur une surface qui peut atteindre le 1/5e de la surface totale de l'organe, les ommatidies disparaissent presque complètement. Une portion très réduite de la cornéule, de la partie externe des cônes-cristallins et de la zone basilaire persistent. La partie profonde des cônes-cristallins, le système pigmentaire, le rhabdôme et la rétinule, sur la presque totalité de leur hauteur, sont remplacés par un amas de granulations éosinophiles. Parmi les autres espèces précédemment énumérées, la dégénérescence atteint n'importe quel point de la surface oculaire. Elle est plus ou moins poussée suivant les cas. Chez *Xantho rivulosus*, *Corystes cassivelaunus*, *Pachygrapsus marmoratus*, à mesure que l'on se rapproche d'une zone de dégénérescence, on voit les diverses parties de la région moyenne de l'ommatidie perdre progressivement leur individualité et apparaître comme noyées dans une masse granuleuse où l'on peut encore arriver à distinguer un vestige de rhabdôme. Les parties périphériques internes et externes de l'ommatidie demeurent intactes. Chez *Eupagurus Prideauxi*, *Eupagurus excavatus*, *Eupagurus anachoretus*, les *Portunus*, spécialement *Portunus depurator*, toute trace de rhabdôme disparaît, l'espace occupé par la zone moyenne de plusieurs ommatidies contiguës, une dizaine par exemple, n'est plus qu'une cavité à contours plus ou moins régulièrement circulaires. Cette cavité est limitée, en haut, par les parties réfringentes externes qui, elles aussi, peuvent être envahies de granulations, en bas, par la zone basilaire des rétinules, latéralement, par la rétinule d'ommatidies normales.

Plusieurs de ces cavités consécutives à la dégénérescence peuvent apparaître dans un même œil; c'est ainsi que j'ai pu en compter trois dans un œil de *Portunus depurator* et chez *Eupagurus excavatus*. L'importance des cavités est des plus variables. Elle correspond soit à quelques ommatidies, soit à quelques dizaines d'entre elles. Chez un autre exemplaire de

Portunus depurator, la cavité occupait la moitié environ de la surface de l'œil. Celui-ci conservait sa forme et ses dimensions normales, les cornéules et les cônes-cristallins demeurant normaux.

Enfin il convient de signaler que les cônes-cristallins, tout en conservant leur forme, peuvent être entièrement remplis de granulations éosinophiles comparables à celles qui occupent la portion moyenne de l'ommatidie. Cette disposition est particulièrement nette chez *Corystes cassivelaunus* et *Pachygrapsus marmoratus*.

L'ommatidie n'est pas la seule partie de l'œil à présenter des processus de dégénérescence. Le système nerveux optique et spécialement le periopticum peuvent être également infiltrés d'amas granuleux.

Il reste à préciser les processus histochimiques de cette dégénérescence et leurs relations avec la croissance de l'individu.

Du point de vue fonctionnel, on peut déjà affirmer qu'il s'ensuit une diminution importante des possibilités visuelles des différentes espèces. Il convient de tenir compte de ces faits dans l'interprétation du comportement, et tout spécialement dans l'explication des modalités de la sensibilité lumineuse.

Ce mode de réduction est, à certains égards, à rapprocher des cas de dégénérescence secondaire localisés aux ganglions optiques. Il s'y ajoute ici la dégénérescence des ommatidies sur une très importante portion de leur hauteur. De plus ces faits s'opposent aux lois de Picard.

Si l'on compare ces yeux réduits aux divers types d'yeux d'Arthropodes, on constate qu'ils se rapprochent des yeux dits en turban des mâles de certains Éphémères, par la réduction de la rétinule et du rhabdôme [3]. Dans ces divers cas, et en dépit de la différence des processus, il s'agit d'yeux volumineux, à apparence extérieure normale, mais à possibilités fonctionnelles extrêmement réduites.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Une méthode simple permettant le dosage rapide de la cellulose.* Note [1] de M. **Radu Vladesco**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le dosage de la cellulose, étant donné son rôle dans l'alimentation et dans l'industrie, présente un grand intérêt pratique. Plusieurs méthodes ont été préconisées dans ce but; mais aucune d'elles n'est entièrement

---

(3) M.-L. Verrier, *Bull. biol. France-Belgique*, 74, 1940, p. 309.

(1) Séance du 5 août 1940.

satisfaisante. Celles qui inspirent le plus de confiance sont, en effet, très laborieuses. Toutes ont pour base la manière différente dont se comportent la cellulose et les produits qui l'accompagnent dans les tissus vis-à-vis de certains réactifs. C'est ainsi que la cellulose est extrêmement résistante à l'action des agents oxydants et hydrolysants qui attaquent, les premiers la lignine et les seconds les hémicelluloses. La méthode la plus usitée consiste à séparer la cellulose de l'ensemble des produits qui l'imprègnent par la dissolution de ces derniers successivement à l'aide des bases (soude ou potasse) et à l'aide des acides (sulfurique ou chlorhydrique). En réalité c'est une cellulose impure, ordinairement désignée sous le nom de cellulose brute ou de fibre brute, qui est ainsi dosée. Parmi les méthodes poursuivant la destruction des matières incrustantes par des oxydants, celles qui utilisent d'abord l'eau de chlore (Frémy et Terreil) ou de brome (Hugo Müller) donnent les résultats les plus satisfaisants. Leur emploi ne s'est pourtant pas généralisé, à cause du très long temps qu'elles nécessitent. Perfectionnée par Gabriel Bertrand, la méthode au brome reste comme méthode de référence ([2]).

Dans celle que nous proposons, le réactif est l'acide azotique. Depuis longtemps déjà, nos essais nous avaient montré que ce réactif pourrait être avantageusement utilisé pour le dosage de la cellulose, ainsi que pour celui des graisses. Toute la question consistait à déterminer les conditions dans lesquelles cet agent, sans toucher à la cellulose, détruit les substances qui s'y trouvent associées. Pour ce faire, nous avons soumis à l'action de l'acide azotique, et à température constante, des échantillons de papier à filtrer, en faisant varier la concentration de l'acide et la durée de son action. Après de nombreux essais, nous nous sommes arrêté à la concentration voisine de 21,8 % ($d = 1,130$) et à la durée de 5 minutes de chauffage à 100°. Pour 1^g environ de matière sèche, nous employons 20^{cm^3} d'acide (il est à remarquer que l'influence du volume de la solution azotique sur le rendement du dosage est presque nulle). Le maintien de la température, ainsi que la durée du chauffage, sont facilement assurés par un courant de vapeur d'eau dans la matière suspendue au sein de la solution azotique (dans un ballon Kjeldahl de 100^{cm^3}). Cette façon de procéder permet d'éviter en même temps la projection au dehors de la mousse qui se forme durant le chauffage. Le résidu séparé par filtration est lavé, desséché, puis dégraissé avec un mélange d'alcool et d'éther.

([2]) *Ann. off. Nat. Comb. Liq.*, **11**, 1936, p. 191, reproduit dans *Ann. Agron.*, **7**, 1937, p. 1, et dans *Ann. des Ferm.*, **1**, 1936, p. 577.

Voici les résultats de quelques essais sur du papier à filtrer, sans cendres, lavé aux acides chlorhydrique et fluorhydrique :

Prise d'essai (gr.).	Concentration de l'acide (%).	Durée du chauffage (en min.).	Poids trouvé.	Rendement (%).
1,1355.............	21,8	5	1,1092	97,68
1,0084.............	21,8	5	0,9840	97,58
1,1626.............	21,8	10	1,1312	97,30
1,0894.............	24,8	5	1,0611	97,40

Des essais analogues sur un échantillon de son de froment ont donné les résultats suivants :

Prise d'essai (gr.).	Concentration de l'acide (%).	Durée du chauffage (en min.).	Poids trouvé après dégraissage.	Rendement (%).
0,9077.............	21,8	5	0,1483	16,33
0,9679.............	21,8	5	0,1617	16,70
0,9719.............	21,8	10	0,1582	16,27
0,9326.............	24,8	5	0,1522	16,32

Le poids de la prise d'essai étant assez réduit, il est indispensable que la substance soit bien pulvérisée et homogénéisée. Dans ces conditions seulement les résultats peuvent être reproduits. S'il s'agissait de cellulose pure, comme dans le cas du papier, l'oxydation seule serait à craindre, car il est très peu probable que la nitration puisse avoir lieu à la concentration de l'acide indiquée plus haut. La coloration jaune de la cellulose laissée par les substances végétales dénote, par contre, la production de dérivés nitrés. La plupart de ceux-ci sont enlevés pendant l'extraction des graisses. Avec la technique décrite, nous avons dosé la cellulose d'une cinquantaine de produits alimentaires : céréales, farines, légumineuses, épices, fruits etc. Les résultats obtenus sont tous superposables à ceux trouvés dans la collection de données analytiques de König [3]. Nous n'avons pas la prétention que la méthode préconisée soit irréprochable. Quant à sa précision, elle n'est pas dépassée par celle couramment employée. Par contre elle offre de nombreux avantages : simplicité, facilité et durée très réduite.

La séance est levée à 15h45m.

Lx.

(3) *Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel*, 4e éd., 1903, Berlin.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 SEPTEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dédoublement optique de l'acide* époxy-2-6 heptène-3 carboxylique-3. Note de MM. **Marcel Delépine** et **Antoine Willemart**.

Par oxydation du dimère de l'aldéhyde crotonique $C^8H^{12}O^2$ résultant de l'action des acides forts sur l'aldéhyde crotonique C^4H^6O, on obtient un acide $C^8H^{12}O^3$ auquel il convient d'attribuer la formule (I), qui en fait un acide époxy-2-6 heptène-3 carboxylique-3 [ou, suivant une autre numérotation (I^{bis}), un acide diméthyl-2-6 dihydro-5-6 (pyran-1-2) carboxylique-3 (¹)].

CH
CO^2H—C 3 4 5 CH^2
CH^3—CH 6 CH—CH^3
1 2 7
O
(I).

CH
CO^2H—C 3 4 5 CH^2
CH^3—CH 2 1 6 CH—CH^3
O
(I^{bis}).

La formule de cet acide fait ressortir la présence de deux atomes de carbone asymétriques inégaux (numérotés 2 et 6) : il y a donc deux racémiques. Celui que nous possédions est l'acide fusible à 85-87° à l'état anhydre et dont l'hydrate $C^8H^{12}O^3, H^2O$ fond à 68-71°; l'autre nous est encore inconnu. La différence des deux acides résiderait dans les positions *cis* ou *trans* des deux méthyles 2.6; pour le moment nous n'avons pas résolu la question de savoir à quelle position répond le racémique fusible

(¹) M. Delépine et A. Horeau, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 27; *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 339.

à 85-87°; nous nous bornerons donc à parler de son dédoublement et des propriétés des acides actifs qui en résultent.

Dédoublement. — Les premiers essais furent tentés avec la quinine. En combinant cette base avec l'acide en milieu acétonique, on obtient un sel moins soluble dont on régénère un acide nettement lévogyre; pourtant, quel que fût le solvant employé (acétone, acétate de méthyle ou d'éthyle, chloroforme, alcool...) il ne nous a pas été possible d'obtenir un pouvoir rotatoire supérieur à —18° (pour la raie D, en solution chloroformique).

Nous avons eu plus de succès en employant le sel d'éphédrine préparé dans l'acétate de méthyle : le pouvoir rotatoire de l'acide est de suite assez élevé et augmente pour se stabiliser après 5 ou 6 cristallisations dans le même solvant. Nous avons eu la possibilité d'opérer avec l'éphédrine gauche naturelle et une éphédrine droite de synthèse, don de la Société Rhône-Poulenc. C'est la combinaison des composants de même signe qui est la moins soluble; les deux acides antipodes ont pu être obtenus avec un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D + 234°,8$ et $[\alpha]_D - 236°,3$ (dans le chloroforme), non sans un grand déchet, comme dans beaucoup d'opérations de ce genre.

Le mode opératoire est le suivant : dans 300^{cm^3} d'acétate de méthyle on dissout 49^g d'acide racémique et 52^g d'éphédrine dextrogyre. Après une nuit la solution se prend en une bouillie cristalline que l'on essore : on obtient 60^g de sel ($[\alpha]_D$ pour l'acide $+43°$). On redissout ces 60^g de sel dans 300^{cm^3} d'acétate de méthyle et l'on obtient 34^g de sel ($[\alpha]_D$ pour l'acide $+155°$). Après une nouvelle cristallisation dans 300^{cm^3} d'acétate de méthyle, on recueille 24^g de sel ($[\alpha]_D$ pour l'acide $+211°$). On fait une nouvelle cristallisation dans 200^{cm^3} d'acétate d'éthyle, ce qui donne 17^g de sel ($[\alpha]_D$ pour l'acide $+230°$). Enfin, une dernière cristallisation dans 200^{cm^3} d'acétate d'éthyle donne 15^g de sel ($[\alpha]_D$ pour l'acide $+234°$). Le sel d'éphédrine ainsi obtenu est dissous dans le minimum d'eau, puis additionné d'acide chlorhydrique jusqu'au virage au rouge congo. La solution est extraite à l'éther; la solution éthérée est séchée, puis évaporée à sec; le résidu obtenu est cristallisé dans l'eau. En utilisant l'éphédrine droite, on obtient de la sorte l'acide droit (F. 95°-96° bloc Maquenne), tandis qu'avec l'éphédrine gauche on obtient l'acide gauche.

Analyse de l'acide droit : Trouvé H % 7,60; C % 61,21. Calculé pour $C^8H^{12}O^3$, H % 7,7; C % 61,5.

Propriétés. — Les propriétés physiques des deux acides antipodes se distinguent nettement de celles de l'acide racémique, comme le montre le tableau ci-dessous :

	Formule.	Aspect.	F.	Sol. (1).	$[\alpha]_D$ chlorof.
Acide racémique.	Crist. avec H^2O	Crist. quad.	68-71° hyd. 85-87° anhyd.	7-8^g	–
Acides actifs.....	Anhydres	Bâtonnets	95-96°	25^g	±236°

(1) Dans un litre d'eau à 20°.

Les différences de solubilité sont telles qu'il suffit de mélanger des volumes égaux de solutions aqueuses saturées des deux antipodes pour que l'acide racémique se précipite abondamment : on a donc un racémique bien caractérisé.

La dispersion rotatoire des acides a été déterminée dans différents solvants; les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant.

Solvant.	$[\alpha]_{5893}$.	$[\alpha]_{5780}$.	$[\alpha]_{5461}$.	$[\alpha]_{4358}$.
$CHCl_3$	$-236^\circ,3$	-247°	$-284^\circ,2$	-504°
$CHCl_3$	$+234,8$	$+247,2$	$+284$	$+508$
CS_2	$+296,8$	$+310,3$	$+367,9$	$+661$
C_6H_6	$+292,2$	$+300,7$	$+346,3$	$+632,2$
C_2H_5OH	$+212,8$	$+220,4$	$+253,3$	$+459,6$
H_2O	$+218,9$	$+222,2$	$+255,1$	$+460,4$

Nous avons constaté qu'après un an les cristaux avaient conservé leur pouvoir rotatoire.

Nous avons déterminé les points de fusion des deux sels d'éphédrine d'un même acide : acide droit + éphédrine droite, F. 134°; acide droit + éphédrine gauche, F. 124°. Une analyse sommaire faite par volumétrie a montré que le sel était composé de 48 % d'acide (50,3 théorie) et de 53,3 % d'éphédrine (51,4 théorie). Les solubilités approximatives sont pour un litre d'acétate de méthyle à 20° de 38^g environ du sel d'acide droit et d'éphédrine droite et de 50^g environ du sel d'acide gauche et d'éphédrine droite; c'est grâce à cette différence de 12^g par litre que le dédoublement peut être réalisé.

NOMINATIONS.

M. Gabriel Bertrand est désigné pour faire une *Lecture* dans la séance solennelle du 25 octobre 1940.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Union internationale de Chimie, 1940 :

1° *Table internationale des Isotopes stables. Cinquième Rapport de la Commission des Atomes.*

2° *Règles relatives à la nomenclature des composés minéraux. Rapport de la Commission de réforme de la Nomenclature de Chimie organique.*

3° *Table internationale des poids atomiques. Dixième Rapport de la Commission des Poids atomiques.*

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur la jacobienne d'un système de Pfaff.* Note (1) de M. **Max Eger**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous avons défini (2) la jacobienne $\{\omega_0\omega_1\ldots\omega_\lambda\}$, d'un système de Pfaff. En particulier, lorsque les ω_i sont des formes de première espèce attachées à la variété V_n, leur jacobienne n'est autre, par définition, qu'une variété canonique (3) à λ dimensions de V_n, $K_\lambda(V_n)$. Dans cette Note je me propose de montrer comment les jacobiennes de formes permises (2) s'expriment au moyen des K_λ, et servent même à définir les variétés canoniques sans utiliser d'intégrales de première espèce.

1. Soient donc $\lambda+1$ formes permises ω_i et la jacobienne

$$J=\{\omega_0\omega_1\ldots\omega_\lambda\}=\{\Pi\},$$

si Π représente le produit extérieur des ω_i. Nous allons établir la formule suivante, exprimant J au moyen de $K_\lambda(V)$ et des K_λ attachées aux variétés polaires des ω_i et à leurs intersections

$$\text{(A)}\qquad J\equiv K_\lambda(1+\Omega_0)(1+\Omega_1)\ldots(1+\Omega_\lambda),$$

où au second membre les Ω_i représentent l'ensemble des variétés polaires de ω_i, chacune comptée avec une mutiplicité égale à sa multiplicité comme hypersurface polaire, ou à sa multiplicité minima lorsqu'il s'agit d'une variété d'indétermination. Le second membre a le sens indiqué par le n° 1 de la deuxième Note des *Comptes rendus* citée en (3). D'une manière abrégée on peut écrire

$$(1+\Omega_0)(1+\Omega_1)\ldots(1+\Omega_\lambda)=1+\Omega,$$

où Ω est l'ensemble des variétés polaires de Π. (A) s'écrit ainsi, sous forme

(1) Séance du 24 juillet 1940.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 401.

(3) M. Eger, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 92 et 217; J. A. Todd, *Proc. London Math. Soc.*, 43, 1937, p. 127.

condensée :

(B) $$\{\Pi\} \equiv K_\lambda(V) + K_\lambda(\Omega).$$

Admettant (B) établie pour toutes les dimensions $< n$, on va montrer que la variété K_λ (V) définie par le second membre de (B) ne fait que varier dans un système d'équivalence lorsque l'on change Π.

Prenons pour cela une $(\lambda + 2)$ forme $\overline{\omega}_0$ et considérons la variété $T = \{\overline{\omega}\omega_0\omega_1 \ldots \omega_\lambda\} = \{\overline{\omega}_0 D\}$ à laquelle appartiennent les jacobiennes $\{D\}$ et $\{\overline{D}\} = \{\overline{\omega}_0\omega_1 \ldots \omega_\lambda\}$. Considérons sur T la fraction rationnelle ρ

$$\rho = \frac{[\omega_0\omega_1 \ldots \omega_\lambda]}{[\overline{\omega}_0\omega_1 \ldots \omega_\lambda]}.$$

Grâce au théorème fondamental de la Note citée en ([2]), l'intersection de T avec une variété polaire de ω_0 est connue : ce n'est autre que la jacobienne des formes $\omega_1 \ldots \omega_\lambda$ sur cette variété polaire, jacobienne qui par hypothèse est donnée par la formule (A). On obtient donc, en exprimant l'équivalence sur T des zéros et des pôles de ρ, et en supprimant les variétés communes aux deux,

$$\{D\} + K_\lambda\overline{\Omega}_0(1 + \Omega_0)(1 + \Omega_1) \ldots (1 + \Omega_\lambda) \equiv \{\overline{D}\} + K_\lambda\Omega_0(1 + \overline{\Omega}_0) \ldots (1 + \Omega_\lambda),$$

on en déduit que l'expression

$$\{D\} - K_\lambda\Omega_0(1 + \Omega_1)(1 + \Omega_2) \ldots (1 + \Omega_\lambda)$$

reste équivalente à elle-même si l'on remplace ω_0 par $\overline{\omega}_0$, c'est-à-dire que cette expression définit un système d'équivalence fonction uniquement de $\omega_1, \ldots, \omega_\lambda$. Si l'on retranche à ce système le système

$$K_\lambda[(1 + \Omega_1)(1 + \Omega_2) \ldots (1 + \Omega_\lambda) - 1]$$

qui jouit évidemment de la même propriété, l'expression obtenue

$$X \equiv \{D\} - K_\lambda[(1 + \Omega_0)(1 + \Omega_1) \ldots (1 + \Omega_\lambda) - 1],$$

symétrique par rapport aux ω_i et indépendante de ω_0, est indépendante de tous les ω_i, on peut la désigner par $K_\lambda(N)$ et (A) se trouve ainsi démontrée.

2. Comme application de la formule (A) prenons le cas où les $p + 1$ premiers ω_i sont des différentielles de fonctions rationnelles et où les autres sont de première espèce. Si φ est une fonction rationnelle, $\omega = d\varphi$ a pour variété polaire Ω_1 : 1° une hypersurface polaire F, double, si F est hyper-

surface polaire simple de φ; 2° la variété base de φ, équivalente à (F^2), qui est polaire simple de ω. Donc $\Omega = 2F + (F^2)$ et $1 + \Omega$ peut s'écrire symboliquement $(1+F)^2$. (A) donne dans ces conditions

$$(\alpha) \qquad J \equiv K_\lambda (1 + F_0)^2 (1 + F_1)^2 \ldots (1 + F_p)^2,$$

formule qui n'est autre que la formule (α) de la deuxième Note citée en ([3]).

3. La formule (A) permet enfin de trouver la relation entre les systèmes canoniques de deux variétés V et $\overline{V}$, en correspondance algébrique T d'indices (α, 1) dépourvue d'éléments fondamentaux. Si l'on désigne par D_2, D_3, ..., D_{n+1}, les variétés de coïncidences doubles, triples, ... $(n+1)$-uples sur V, on a la relation

$$(c) \qquad K_\lambda(\overline{V}) \equiv T^{-1}[K_\lambda(V)] + \sum_{2}^{n-1} (-1)^k K_\lambda(D_k),$$

les variétés D_k étant supposées sans points multiples.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Appareil pour la mesure rapide de l'épaisseur d'eau condensable de l'atmosphère.* Note de Mme **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, transmise par M. Charles Fabry.

Si l'on considère dans l'atmosphère une région délimitée par un cylindre vertical, nous appellerons *épaisseur d'eau condensable* l'épaisseur de la couche d'eau liquide que donnerait la vapeur d'eau contenue dans ce cylindre supposée condensée et répartie uniformément sur une section droite. Il est à remarquer que l'eau existant déjà dans ce cylindre à l'état liquide ou solide n'est pas comprise dans cette définition. Nous mesurerons cette épaisseur en centimètres; elle correspond à la quantité définie par Fowle ([1]) sous le terme de *precipitable water*, et qu'il déterminait par spectrophotométrie dans le domaine infrarouge (entre $1\,\mu$ et $1,5\,\mu$) à l'aide d'une pile thermoélectrique et d'un galvanomètre sensible.

Notre but était de réaliser un instrument pratique, permettant des mesures rapides et susceptible d'être répandu dans les postes météorologiques. La seule donnée concernant la vapeur d'eau atmosphérique dont disposent actuellement les météorologistes est l'humidité relative en un

([1]) *Astrophysical Journal*, 35, 1912, p. 149.

point donné, mesure facile au voisinage du sol, mais beaucoup plus délicate à effectuer en altitude avec les radiosondes. A partir de l'humidité relative au voisinage du sol, on détermine l'épaisseur d'eau condensable au moyen de la formule de Hann; mais les travaux de Fowle ont montré de façon indiscutable que cette formule n'a qu'une valeur statistique et ne peut être d'aucune utilité pour la prévision.

Ainsi que Fowle nous avons utilisé les propriétés absorbantes de la vapeur d'eau, mais, afin d'employer la cellule photoélectrique, récepteur commode, nous avons dû faire porter les mesures dans une autre région spectrale. Pour cela une connaissance précise des bandes d'absorption de la vapeur d'eau à la fois au laboratoire et dans l'atmosphère était nécessaire. Nous avons donc complété l'étude de l'absorption atmosphérique effectuée au Maroc ([2]) par des mesures de laboratoire au moyen d'un tube de 2^m contenant de la vapeur d'eau sous pression, mesures dont le détail paraîtra dans un autre Recueil. Elles nous ont amenés à choisir deux régions spectrales, l'une 9300-9500 Å où la vapeur d'eau absorbe, l'autre 8600-8800 Å où elle n'absorbe pas et où aucun constituant de l'atmosphère n'est suffisamment absorbant pour perturber les mesures. Le rapport du rayonnement solaire transmis par l'atmosphère dans ces deux régions spectrales permet après étalonnage préalable de connaître l'épaisseur d'eau condensable interposée sur le trajet des rayons lumineux. Comme on n'opère pas au zénith, il est nécessaire de diviser cette épaisseur par la masse d'air traversée (obtenue d'après l'heure à l'aide d'un abaque calculé à l'avance) pour obtenir l'épaisseur d'eau condensable de l'atmosphère.

L'appareil se compose donc d'un monochromateur simple à un prisme et deux lentilles de flint. La lentille de chambre et la fente de sortie, qui sont solidaires, peuvent prendre deux positions fixes correspondant aux deux régions spectrales intéressées. Une cellule photoélectrique à vide au cæsium est également solidaire de la partie arrière du monochromateur. La tension aux bornes de la cellule est fournie par le courant alternatif du secteur redressé par un redresseur cuivre-oxyde de cuivre et filtré par une capacité convenable. Le circuit de cellule est fermé sur un condensateur shunté par une lampe au néon; lorsque le condensateur est suffisamment chargé pour que la tension aux bornes de la lampe à néon atteigne la tension d'amorçage, il se produit une décharge, et Poole ([3]) a montré que la fréquence des

---

([2]) A. et É. VASSY, *Journ. de Physique*, 10, 1939, p. 75, 403 et 459.

([3]) J. H. J. POOLE et H. H. POOLE, *Photo-electric cells and their applications*, Londres, 1930.

décharges est proportionnelle à l'intensité du courant émis par la cellule. Un écouteur de téléphone en série avec la lampe à néon permet de compter le nombre de décharges pendant un temps donné. L'ensemble du système récepteur-détecteur a été contrôlé quantitativement en utilisant la loi de l'inverse carré de la distance : le nombre de décharges est proportionnel au flux reçu par la cellule à moins de 5 % près, précision qui est largement suffisante étant données les très larges variations journalières de l'épaisseur d'eau condensable (0,5 à 13^{cm}).

Cet appareil nécessite l'emploi d'une source lumineuse extra-terrestre; actuellement on utilise le Soleil, dont une lentille projette l'image sur la fente d'entrée. On l'étalonne avec une lampe pointolite dont la lumière traverse un tube chauffé électriquement, de 40^{m} de long, pouvant contenir des quantités connues de vapeur d'eau.

L'appareil que nous avons réalisé n'exige pour son fonctionnement que le courant habituel du secteur; il est facilement transportable, ne contenant aucun organe fragile. Enfin, la durée d'une mesure n'excédant pas une minute, il permet de déceler des variations rapides de l'épaisseur d'eau condensable de l'atmosphère.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition des oosphères et des anthérozoïdes de* Fucus vesiculosus *L.* Note de M^{me} **Cécile Sosa-Bourdouil** et M. **Antonio Sosa**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des recherches entreprises sur la composition chimique des organes sexués chez un certain nombre de végétaux ont mis en lumière, parallèlement aux différences morphologiques, des différences de composition entre les produits des deux sexes. Nous pensons qu'à côté de différences chimiques générales susceptibles d'être retrouvées dans tous les groupes, il peut en exister d'autres, également liées au sexe, mais particulières à l'espèce. Nous nous arrêterons ici aux résultats d'analyses que nous avons effectuées avec *Fucus vesiculosus*. Le choix de ces algues comme matériel d'expérience est motivé par le fait que les oosphères et les anthérozoïdes se trouvent à l'état libre à un moment donné du développement, et il paraît par conséquent possible de les isoler.

Nos récoltes ont été faites à Dinard, à l'époque de la fructification entre le 21 avril et le 12 mai 1940. Nous avons opéré en partie suivant

les indications de R. Lami et d'après le travail initial de Thuret. Les plantes récoltées, dans un bon état de maturité, sont triées suivant leur sexe et placées, après lavage à l'eau de mer, dans des cristallisoirs au fond desquels on a laissé une petite quantité d'eau afin de maintenir une humidité convenable. Au bout de quelques heures, on voit apparaître à l'orifice des réceptacles des amas jaune orangé pour les pieds ♂, vert olive pour les pieds ♀. Les algues sont alors secouées dans un cristallisoir d'eau de mer où les éléments se répandent; on centrifuge et il se dépose à la partie inférieure du liquide une masse gluante que pour certains essais nous avons lavée à l'eau distillée et centrifugée à plusieurs reprises. Il est nécessaire de traiter une grande quantité de plantes pour obtenir des poids appréciables d'anthérozoïdes ou d'oosphères. Une partie du matériel est desséchée dans le vide à 40° sur anhydride phosphorique et sert aux dosages de C, H, N, méthoxyle et hydrogène mobile. L'autre partie est traitée à l'état frais par l'alcool à 95° bouillant, puis épuisée à l'alcool à 95° et à l'éther pour l'analyse des graisses et sucres.

Les résultats rapportés à 100g de substance sèche expriment par conséquent les proportions des divers principes. Pour connaître les quantités il faudrait se référer à la masse de chaque corpuscule. On sait, si l'on en juge par le volume, qu'il existe de très grandes différences de masse entre oosphère et anthérozoïde de *Fucus*, et c'est déjà une donnée biochimique importante que nous chercherons à préciser.

Pour en revenir aux proportions dans lesquelles se trouvent agencées les diverses substances étudiées, nous avons une première indication donnée par le pourcentage de résidu insoluble dans l'alcool et l'éther qui est de 76,6 pour les anthérozoïdes et seulement de 55,6 pour les oosphères. Cet écart est dû principalement à des différences de teneur en graisses et en substances protéiques.

Les combustions ont donné les chiffres moyens :

	Carbone %.	Hydrogène %.	Cendres %.
♂	47,8	6,7	8,5
♀	54,0	7,1	5,4

Il y a donc plus de carbone et d'hydrogène, moins de cendres dans les oosphères. Le dosage de l'*hydrogène mobile* suivant la méthode de Tschugaeff-Zerevitinoff avec le microappareil de H. Roth donne : ♂, 0,55; ♀, 0,57; écart de l'ordre des erreurs d'expérience. La teneur en *méthoxyle*, déterminée par la microméthode volumétrique de Vieböck et Brecher avec un appareil de Pregl, est de : ♂, 0,6; ♀, 1,2; différence

assez forte. La teneur en *sucres* réducteurs est faible, néanmoins supérieure chez les oosphères (0,3 %) relativement aux anthérozoïdes (0,15 %). Après hydrolyse du résidu insoluble dans l'alcool, par l'acide sulfurique à 5 % pendant 2 heures et demie à 100°, on trouve : ♀, 3,2 ; ♂, 2,7. Il apparaît donc que les oosphères sont plus riches en glucides.

Les proportions d'*azote* sont très différentes chez les deux sortes d'éléments : ♂, 8, 4 ; ♀, 4, 7 ; différence due surtout à l'azote protéique puisque la séparation par l'acide trichloracétique donne respectivement ♂, 7, 8, et ♀, 4, 5 d'azote insoluble. Les résultats sont de même ordre si l'on dose l'azote insoluble dans l'alcool et l'éther : ♂, 7, 6 ; ♀, 4, 0. Les écarts entre les chiffres donnés par les deux méthodes sont dus à l'entraînement par l'alcool et l'éther de composés azotés des lipides.

En ce qui concerne la teneur en *graisses*, la différence est aussi très accusée ; on a obtenu ♂, 36,1 % et ♀, 17 %. Ces graisses ont les caractères suivants :

Indice de saponification	♂, 195	♀, 203
Indice d'iode	103	99
Insaponifiable	15,9 %	7,6 %

Acides gras.

Indice d'iode	♂, 111	♀, 106
P. M. moyen	310	280

La teneur en insaponifiable plus élevée chez les anthérozoïdes est due probablement à la présence chez ces derniers d'un pigment jaune orangé presque rouge que nous avons obtenu à l'état cristallisé. On constate que le poids moléculaire moyen des acides gras est plus fort chez les anthérozoïdes.

Ces résultats montrent qu'à côté des différences morphologiques et des différences de masse qui affectent les éléments sexuels opposés, il existe des différences variées dans la composition chimique ; elles portent notamment sur les proportions de divers principes immédiats. Pour chaque différence trouvée, on doit se demander si elle est commune aux diverses espèces végétales ou particulière au groupe *Fucus*. Jusqu'à présent nous avons obtenu, pour des organes de même sexe, des résultats divergents suivant les groupes en ce qui concerne l'indice d'iode et la teneur en méthoxyle. Par contre, nos résultats sont convergents en ce qui concerne la teneur en graisse toujours plus élevée chez les organes différenciés en éléments femelles et la teneur en substances protéiques plus élevée chez les organes mâles.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE.— *Position des Pagures dans les coquilles de Gastéropodes.* Note de M. **Étienne Rabaud.**

Tous les auteurs s'accordent pour affirmer que l'abdomen des Pagures enfermés dans une coquille de Gastéropodes repose sur la lame des contours par sa face ventrale et s'enroule autour de la columelle par son côté droit. Divers textes sont, à cet égard, particulièrement explicites. Ainsi s'expliquerait l'atrophie des pléopodes droits, l'incurvation de l'abdomen et l'asymétrie de la musculature.

Suivant toute apparence, aucune observation directe n'a été pratiquée. La position de l'abdomen dans la coquille est déduite des caractères morphologiques en vertu d'idées préconçues. Rien pourtant n'est plus facile que d'examiner un Pagure en place. Il suffit d'ajourer une coquille renfermant l'un de ces Crustacés : tandis que le pouce gauche, appliqué sur le péristome, maintient l'animal, on découpe le test à l'aide d'une pince coupante, de façon à mettre l'abdomen à nu. Au cours de l'opération, le Pagure ne bouge pas; l'abdomen conserve son adhérence. Il n'est pas nécessaire de pousser l'opération très loin pour constater, avec la dernière évidence, que la position réelle de l'abdomen fait, avec la position supposée, un angle de 90° : l'abdomen s'enroule sur la columelle, non par son côté droit, mais par sa face ventrale. Dans ces conditions, le côté droit regarde vers l'apex de la coquille; dans sa portion proximale, au niveau de la région des premiers pléopodes, il ne touche pas la paroi interne de la coquille, à l'inverse du côté gauche qui s'applique directement, et tout du long, contre cette paroi. Dès lors, si l'atrophie des pléopodes résultait, suivant l'hypothèse courante, d'une action de frottement renouvelée au cours des générations, cette atrophie devrait intéresser le côté gauche et non le droit. D'ailleurs, on se rend compte que si le Pagure s'enroulait latéralement, il se placerait en travers du péristome, reposant par son côté gauche sur la lèvre inférieure de ce péristome, lèvre qui continue directement la columelle.

La position réelle du Pagure s'accorde avec la situation des muscles abdominaux. Ceux-ci se séparent en deux parties, les fléchisseurs formant une masse ventrale relativement épaisse, et les extenseurs formant un manchon de faible épaisseur qui double le tégument et enveloppe les viscères.

La masse ventrale est asymétrique, légèrement plus épaisse à gauche

qu'à droite; l'asymétrie varie selon les espèces et n'est jamais très marquée; c'est cette masse musculaire qui s'enroule autour de la columelle. Sa faible asymétrie s'oppose d'ailleurs à l'hypothèse d'un enroulement sur la face latérale droite, puisque les contractions les plus fortes s'exercent justement sur la gauche.

Au surplus, l'asymétrie d'une masse ventrale et sensiblement médiane ne modifie guère la puissance de contraction de l'ensemble. Ce n'est pas elle qui commande le sens de l'inflexion dans les tours de spire. Cette inflexion est due à l'action des extenseurs. Or ces derniers ont, chez les Pagures, une disposition très différente de celle des muscles correspondants des Macroures, puisque, au lieu de former une masse superposée à celle des fléchisseurs, ils forment un anneau sous-tégumentaire.

L'anneau paraît continu et d'épaisseur égale sur toute son étendue; par suite, sa puissance de contraction doit être comparable en tous ses points. Du reste, cette symétrie se manifeste dans les mouvements d'extension de l'abdomen. Celui-ci se meut avec la même facilité dans toutes les directions, s'incurvant à droite ou à gauche, prenant une attitude rectiligne. De là vient l'indifférence reconnue des Pagures au sens de l'enroulement ou à l'absence d'enroulement des coquilles dans lesquelles ils s'installent. En se contractant, les extenseurs entraînent la masse des fléchisseurs dont la force de contraction demeure puissante, en dépit de leur asymétrie.

S'ajoutant à ceux que j'ai déjà publiés [1], et à d'autres, ces faits tendent à donner, à la conformation et au comportement des Pagures, une signification très différente de celle qui leur est généralement attribuée.

EMBRYOLOGIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur les homologies générales et les caractères distinctifs des deux variétés gémellaire et parthénogénétique des embryomes.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

La série de mes recherches établissant le développement tératologique, dans le testicule, d'une parthénogénèse polyembryonique, éclaire à la fois l'origine des embryomes à tissus multiples des glandes génitales et celle

---

[1] *a. Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 350; *b. C. R. Soc. Biol.*, **122**, 1936, p. 152; *c. Bull. Soc. Zool. de France*, **61**, 1936, p. 277; *d. Bull. Soc. Zool. de France*, **62**, 1937, p. 400; *e. Bull. Biol. France et Belgique*, **73**, 1939, p. 293.

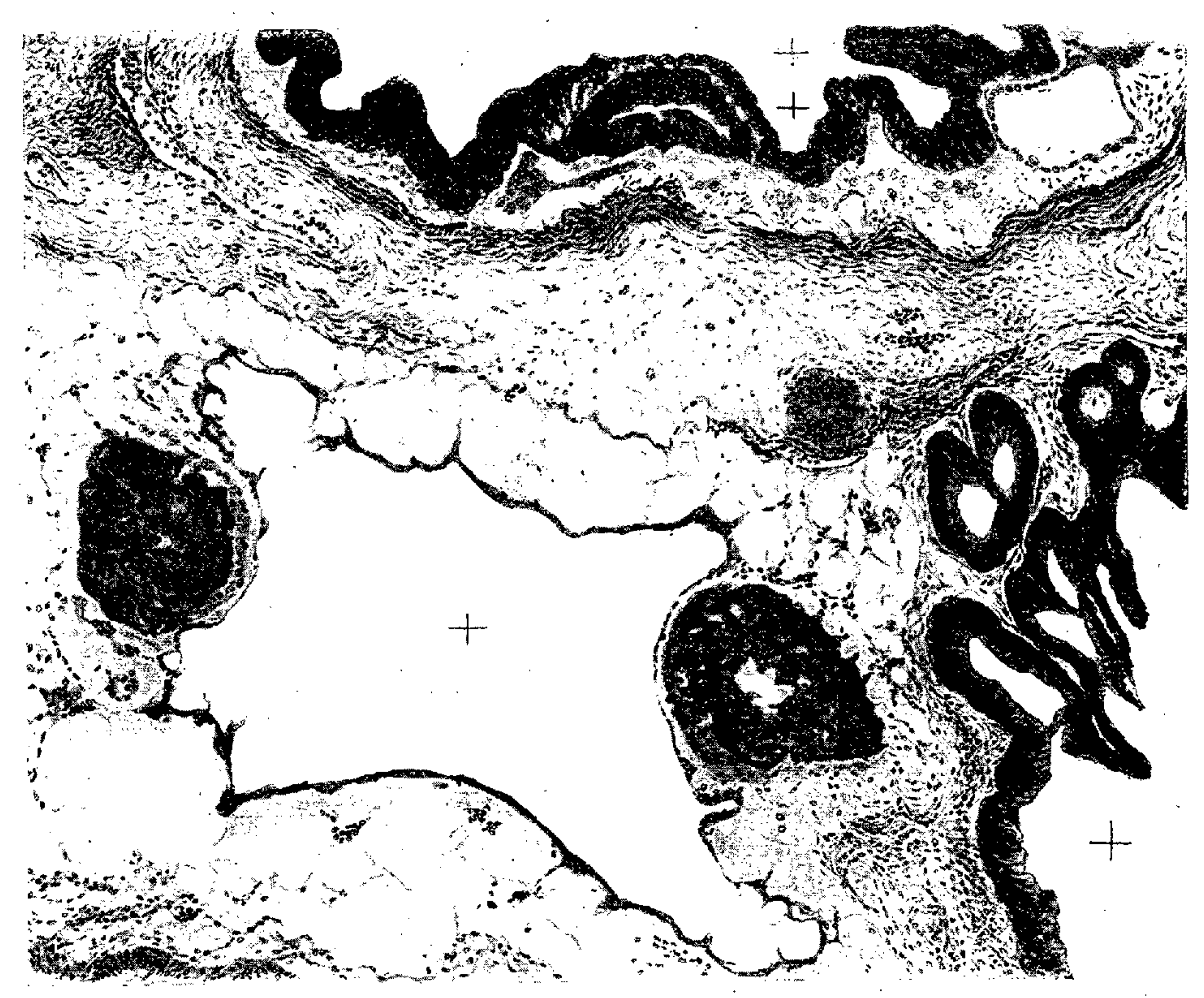
des embryomes congénitaux du type gémellaire (*E. G.*). Ces derniers sont constitués d'ébauches correspondant exclusivement à l'embryon ou au fœtus; on n'y rencontre jamais les formations que j'ai mises en évidence dans les embryomes parthénogénétiques (*E. P.*) et qui correspondent à une génération nouvelle, avec gestation : œufs, feuillets primordiaux, mésoblaste cœlomique avec magma réticulé, allantoïde; trophoblaste, caduque déciduale. La morphologie des *E. G.* est donc plus limitée et son analyse rendue plus facile par la comparaison avec celle des *E. P.* On est ainsi amené à dégager un type général, ou initial, d'organisation commune à une série de malformations et tumeurs congénitales, qui diffèrent les unes des autres par leur siège, leurs caractères macro et microscopiques, mais représentent toujours le jumeau monozygotique du porteur.

Il s'agit, suivant les cas : *a.* d'embryomes (tumeurs de la région sacro-coccygienne, épignathes de la région crânio-pharyngée); *b.* d'un monstre double, dont le jumeau anormal est développé à l'extérieur (parasite épigastrien), ou inclus dans la cavité péritonéale (*fœtus in fœtu*); *c.* d'un jumeau atrophique acardiaque, attaché au cordon du jumeau normal.

I. L'étude morphologique de ces diverses variétés établit que leur blastoderme initial, avant de subir l'évolution tératologique, développe assez longtemps son organisation normale; la ségrégation de la lignée germinale peut donc s'y effectuer : ainsi s'explique la présence des gonades dans les embryomes sacro-coccygiens et les acardiaques. Au contraire, dans les *E. P.*, les boutons se disloquent rapidement, avant l'apparition du premier somite; la ségrégation des gonoblastes n'est pas suivie de l'apparition d'un épithélium germinatif.

II. Les ébauches des divers tissus et organes s'observent dans les deux variétés, mais, dans les *E. P.*, leur différenciation est moins avancée et l'on retrouve rarement les ébauches tardives, remaniées ou de caractère régional, qui exigent une action prolongée des facteurs d'organisation. Par exemple, on y rencontre des formations neuro-embryonnaires (épendyme, plexus choroïdes, méninges, vésicule oculaire) des formations de type dermoïde (épiderme et ses annexes) des ébauches dentaires isolées, des microkystes dérivés de l'intestin moyen, mais à la périphérie desquels les éléments musculaires ou nerveux sont absents, des formations hépato-pancréatiques encore mal délimitées et difficiles à reconnaître, des kystes à revêtement cutanéo-muqueux de type buccal, des ébauches endodermiques de l'appareil respiratoire. Mais c'est seulement dans les *E. G.* qu'on peut observer des maxillaires avec différenciation et parfois formule

dentaire normales, la glande hypophysaire, des ébauches oculaires achevées, avec cornée, des nodules hépato-pancréatiques adénomériques, dans lesquels les deux tissus glandulaires, juxtaposés mais distincts, offrent une différenciation de type fœtal (travées hépatiques, voies biliaires, vaisseaux sinusoïdes, hématopoièse; pancréas avec ilôts endocrines).



Embryome parthénogénétique (*testicule*). — En haut, vésicule amnio-ectoblastique (+ +), à la périphérie de laquelle on reconnaît des formations d'aspect clair, correspondant au mésoblaste et à l'entoblaste. Au milieu, vésicule embryonnaire en voie de division gémellaire symétrique. Les deux vésicules amnio-ectoblastiques occupent les faces opposées d'une vésicule entoblastique commune, dont les sépare une assise chordo-mésoblastique de teinte plus claire. A droite, microkyste endodermique avec cellules mucipares.

Par contre, les *E. G.* ne montrent jamais les boutons et les vésicules caractéristiques des *E. P.* Notre figure représente deux de ces dernières formations, dans l'embryome testiculaire 11013 : l'une d'elles a un caractère gémellaire évident; elles sont voisines d'un microkyste endodermique de type banal, riche en mucus et que rien ne distingue des formations analogues des *E. G.*

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Nouveaux résultats concernant les essais de vaccination contre la fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses au moyen de Rickettsies formolées.* Note de MM. **Paul Giroud** et **Paul Durand**, présentée par M. Émile Roubaud.

Nous avons démontré [1] la possibilité de vacciner le Cobaye par voie intradermique contre l'inoculation péritonéale d'un virus pourpré hautement pathogène, venant de R. R. Parker et conservé à Paris. Ces essais se rapportaient à des animaux ayant reçu 3 injections vaccinantes faites à des intervalles très rapprochés (3 et 4 jours) et éprouvés précocement (13e jour). Ces injections ne pouvaient conférer dans tous les cas une immunité absolue : sur 7 animaux 4 présentaient une immunité totale, les autres une immunité presque totale, 2 ont eu une fièvre à 40° pendant 2 jours, un seul une température à 40°,2, les 5e, 7e et 8e jours. Aucun n'a fait de réaction scrotale. Les 12 Cobayes témoins inoculés avec ce même virus faisaient des maladies graves, d'incubation courte, avec réactions scrotales, maladies mortelles pour 4. Les injections vacccinantes, dont nous voulons rapporter les résultats, ont été faites soit sur le cobaye, soit sur le Singe à des intervalles plus longs (5 jours), répétées trois fois et devaient permettre une meilleure immunisation.

I. *Vaccination du Cobaye par voie sous-cutanée.* — Les suspensions de Rickettsies employées proviennent de poumons de souris broyés. Ces suspensions sont soumises à des centrifugations fractionnées; 20^{cm^3} de la suspension terminale correspondent à un poumon de souris. 6 Cobayes ont reçu sous la peau, trois fois à 5 jours d'intervalle, 1^{cm^3} de suspension formolée. Ils ont été suivis pendant 33 jours et n'ont présenté à aucun moment de réaction locale; un seul cob. K 71 a eu les 9e, 10e et 13e jours une température de 40°.

L'épreuve a été faite avec le caillot sanguin broyé. (Tous les essais faits soit avec les organes où le virus a cultivé, soit avec le sang total ont été décevants, les variations de virulence pouvant être extrêmes.) Cette technique est celle que l'un de nous a employée pour la mise en évidence des virus typhiques et boutonneux pendant et après la période fébrile [2]

---

(1) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 753-754.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **120**, 1935, p. 1193.

et qui lui a servi en 1935, au cours de ses prospections tunisiennes, pour la mise en évidence chez l'Homme des maladies inapparentes [3].

Tous les Cobayes ont reçu dans le péritoine, 25 jours après la dernière vaccination, 1/20^e de centimètre cube de caillot sanguin broyé de deux cobayes de passage (virus conservé sur cobaye), au maximum thermique. Ces animaux n'ont présenté ni modification de leur température, ni réaction scrotale.

Trois Cobayes témoins inoculés dans les mêmes conditions firent des maladies graves, avec fièvre élevée, 40°,5, 41°, s'accompagnant de réactions scrotales et mortelle pour l'un d'eux.

II. *Vaccination du Singe.* — Trois cynocéphales ont reçu dans la peau 1$^{cm^3}$ de suspension vaccinante, en 3 points, en trois fois, à 5 jours d'intervalle, sans aucune réaction thermique anormale. 25 jours après la dernière injection, ils ont été éprouvés, comme les Cobayes, par voie péritonéale avec 1/20^e de centimètre cube de caillot broyé. Ils n'ont présenté ni réaction thermique, ni signe clinique de maladie. Le Cynocéphale témoin, à partir du 5^e jour ne mange plus, se couche, est gêné pour respirer, sa température monte à 40°,6. Il est hypothermique le 11^e jour et meurt le 14^e.

Nous avons démontré antérieurement que la Souris et d'autres animaux, comme le Lapin par exemple, inoculés par voie respiratoire, permettent de produire facilement de grandes quantités de Rickettsies de la fièvre pourprée. Les essais de vaccination que nous avons rapportés ici montrent que les Rickettsies formolées donnent, sans réaction appréciable, une remarquable immunité, aussi bien chez le Singe que chez le Cobaye, même contre l'inoculation péritonéale de virus.

A 15^{h}25^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15^{h}40^m.

A. Lx.

---

(3) *Arch. Inst. Pasteur de Tunis,* 25, 1935, p. 74-81.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 SEPTEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Considérations sur la silice et les silex des phosphates à Diatomées de l'Afrique du Nord.* Note de M. **Lucien Cayeux**.

On sait que les Spongiaires ont joué un rôle fort important dans l'élaboration des concentrations siliceuses en milieu marin, et, notamment, dans celle des silex de la craie. Aussi était-il légitime de supposer que les *Diatomées*, tant lacustres que marines, susceptibles d'engendrer de puissantes accumulations de valves siliceuses, avaient subi le sort de beaucoup de spicules d'Éponges, et donné naissance à des accidents siliceux comparables aux silex. Le contraire a été tenu pour l'expression de la vérité pendant longtemps. De l'étude systématique des roches siliceuses, j'ai conclu en 1929, en ce qui concerne les diatomites typiques : « A première vue, les diatomites ne sont jamais le point de départ de phénomènes de concentration de la silice, comme les roches à spicules d'Éponges (¹) ». Mon opinion, en la matière, devait changer du tout au tout, après avoir étudié sur place les phosphates nord-africains.

Des recherches préliminaires, datant de 1896 (²), ont démontré que les phosphates du Bassin de Gafsa (Tunisie) sont composés de grains, pétris de Diatomées marines au point qu'ils représentent des portions de vases à Diatomées typiques phosphatisées. Des observations ultérieures ont permis

---

(¹) L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses* (*Mém. Carte Géol. France*, 1929, p. 393). J'ai formulé cette conclusion en 1926, et conséquemment avant ma première visite des gisements de phosphate de l'Afrique du Nord.

(²) *Ibid.*, *Note préliminaire sur la constitution des phosphates de chaux suessoniens du Sud de la Tunisie* (*Comptes rendus*, 123, 1896, p. 273-276).

de reconnaître que telle est également la constitution de la majorité des grains phosphatés des gisements de la Tunisie centrale, de l'Est algérien et du Maroc. C'est pourquoi, il paraît logique d'en inférer qu'une formidable réserve de silice organique, la plus grande, en vérité, que l'on connaisse dans la série sédimentaire ancienne, a été accumulée dans les dépôts convertis en phosphates. Or, règle générale, le mécanisme de phosphatisation des vases à Diatomées comporte l'élimination de la quasi-totalité de la silice, c'est-à-dire de quoi engendrer une infinité de silex, dans l'hypothèse où cette silice s'est fixée dans les formations phosphatées. En conséquence, s'il existe des silex dans les phosphates et les roches qui leur sont subordonnées, ce qui est précisément le cas, on est fondé à chercher l'origine de leur silice dans celle des Diatomées.

Cette orientation s'impose d'autant plus que les spicules d'Éponges sont exclus des complexes phosphatés en question, dans des conditions telles qu'ils n'existaient certainement pas, en nombre, à l'origine, en compagnie des Diatomées. Les quelques *Radiolaires,* observés dans une partie des coupes minces, ont fourni un appoint qu'on peut qualifier de négligeable, en moyenne, en regard du rôle joué par les Diatomées.

De tout cela, il est permis de conclure à l'existence dans le Nord africain de silex, d'origine aberrante, en ce sens que les organismes générateurs de leur silice sont des Algues marines, et non des Spongiaires. Pour le moment, l'exemple est unique, mais nous savons qu'il embrasse d'innombrables silex.

L'existence d'un vaste groupe de silex, procédant de diatomites marines, complète d'heureuse façon la série des concentrations siliceuses, engendrées aux dépens des anciennes vases pélagiques, car jusqu'à présent nos connaissances étaient limitées aux silex des anciennes vases à Foraminifères et aux formations qui leur correspondent pour les vases à Radiolaires.

La distribution des silex inclus dans les phosphates à Diatomées obéit à une règle très précise. La concentration de la silice s'est toujours effectuée de préférence dans les parties d'une couche composées de grains phosphatés espacés au maximum, comme si un minimum d'écartement des éléments, soudés par du carbonate de chaux, était une condition requise pour la fixation de la silice. En d'autres termes, l'emplacement des silex a été arrêté sur le fond de la mer par une plus grande concentration de la vase calcaire, génératrice du ciment des phosphates consolidés. Il y a, de ce chef, *prédestination très nette des horizons correspondant aux futurs alignements de silex.*

On ne manquera pas d'observer, à cet égard, qu'en milieu phosphaté, comme en milieu calcaire, les silex résultent d'une épigénie du carbonate de chaux par la silice, si bien que *dans le cas des silex développés en plein phosphate, les nodules sont siliceux, dans la mesure où le phosphate était calcarifère, au moment de la sédimentation*. La raison en est que les grains de phosphate ne sont nullement affectés par le phénomène de silicification.

Quant à la constitution même des silex issus de Diatomées, qu'ils soient chargés ou non d'inclusions phosphatées, elle est pareille en tous points à celle des silex de la craie.

Une autre particularité éclaire à souhait un point de l'histoire générale des silex. Contrairement à l'opinion courante, j'ai conclu d'une longue analyse des silex de la craie que la patine n'est pas le produit d'une décomposition superficielle et tardive, mais qu'elle représente le dernier stade d'accroissement, dans le milieu même où les nodules ont pris naissance (3). Sur ce point, notons à titre de confirmation, que les nombreux silex des formations phosphatées, tant crétacées que tertiaires du Nord de l'Afrique, sont, d'une manière générale, privées de patine. Or, les matériaux observés font partie d'affleurements ou de dépôts situés au voisinage de la surface, et, par conséquent, très exposés à l'action prolongée des agents atmosphériques. Un témoignage, plaidant dans le même sens, est fourni par des silex patinés, inclus dans les sédiments supérieurs aux phosphates, preuve que le régime atmosphérique ne saurait être mis en cause pour expliquer l'absence de patine dans les silex des formations phosphatées.

Le degré de fréquence des silex dans les complexes phosphatés est loin de correspondre à la totalité de la silice représentée par la grande masse de Diatomées qui s'y trouvaient à l'origine. Dans certains cas, l'écart est même considérable. Il se pose à ce sujet, et pour la première fois, un problème qui ne manque pas d'intérêt pour l'intelligence des roches siliceuses et l'histoire de la silice d'origine organique. De la disproportion observée, il résulte que, dans le milieu envisagé, tout se passe comme s'il y avait, à la fois, concentration d'une fraction de la silice sous forme de silex, et élimination d'une autre fraction beaucoup plus importante. Or, il y a toutes raisons d'admettre que la totalité de la silice éliminée l'a été sur le fond de la mer, lors de la phosphatisation des grains, c'est-à-dire dans un

---

(3) L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses* (*Mém. Carte Géol. France*, 1929, p. 455-466); *ibid.*, *Patine des silex de la craie* [*Cinquantenaire Soc. fr. Min. Livre jubilaire* 1878-1928, (1930), Extr. 13 p.].

milieu différent de celui que les matériaux phosphatés occupent actuellement. Dès lors, *il y a toutes probabilités pour que la silice non fixée à l'état de silex ait été réutilisée immédiatement, et nombre de fois, pour concourir à la formation de nouvelles carapaces de Diatomées.* En sorte que le total de la silice, mise en œuvre, serait loin d'égaler celui qui représente la somme des Diatomées, à supposer que cette substance se renouvelle indéfiniment pour la sécrétion de leurs valves. Il en doit résulter une grande économie de matière pour alimenter un groupe d'organismes qui en fait une énorme consommation.

Le problème du réemploi sur le fond de la mer de la silice éliminée d'organismes, dont la conservation est assurée par d'autres substances, me paraît également intéresser les spicules d'Éponges et les Radiolaires dans certains cas, c'est-à-dire qu'il est susceptible de revêtir une grande portée. De toute évidence, pour être traitée dans sa généralité, la question, maintenant posée, nécessite de longues et minutieuses recherches, tant sur le terrain qu'au laboratoire.

Les faits relatés dans la présente Note attestent, une fois de plus, que le milieu sous-marin peut jouer un rôle très prépondérant dans l'histoire des sédiments.

CORRESPONDANCE.

ALGÈBRE. — *Sur les systèmes hypercomplexes.*

Note (1) de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

1. On sait que la structure d'une algèbre possédant un *radical* est encore très mal connue; le résultat le plus complet est le théorème de Wedderburn-Dickson (2), d'après lequel, si $\mathfrak{N}$ est le radical d'une algèbre $\mathfrak{A}$, on a $\mathfrak{A} = \mathfrak{A}' + \mathfrak{N}$, $\mathfrak{A}'$ étant une algèbre *semi-simple* isomorphe à $\mathfrak{A}/\mathfrak{N}$, et la somme étant *directe;* toutefois, ce résultat n'est valable que moyennant certaines hypothèses sur le corps de base de $\mathfrak{A}$; en outre, il ne donne aucun renseignement sur la multiplication entre éléments de $\mathfrak{A}'$ et éléments de $\mathfrak{N}$ (en dehors de la propriété triviale $\mathfrak{A}'\mathfrak{N}\mathfrak{A}' \subset \mathfrak{N}$).

Les résultats qui suivent (3) s'appliquent à tout système hypercomplexe

---

(1) Séance du 26 août 1940.

(2) *Voir* M. Deuring, *Algebren* (coll. *Ergebnisse des Math.*, 4, fasc. I, p. 23).

(3) Les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil.

de base finie, et, plus généralement, à tout anneau satisfaisant aux conditions *maximale* et *minimale* (4); ne faisant pas appel à la notion de radical, ils permettent peut-être de mieux se rendre compte de la structure d'un tel système; les imprécisions qui subsistent sont dues à des difficultés de même nature que celles qui entravent l'étude des algèbres nilpotentes.

2. *Systèmes quasi-simples.* — Un anneau $\mathfrak{o}$ sera dit *quasi-simple à gauche* s'il satisfait à la condition minimale pour ses idéaux à gauche, s'il est la somme de ses idéaux à gauche minimaux, et si ces derniers sont tous *isomorphes* (en tant que $\mathfrak{o}$-modules à gauche).

Si aucun idéal à gauche minimal de $\mathfrak{o}$ n'est nilpotent, $\mathfrak{o}$ est un système *simple*; s'ils le sont tous, on a $\mathfrak{o}^2=(0)$. Dans le cas général, la somme des idéaux à gauche minimaux nilpotents de $\mathfrak{o}$ est un idéal bilatère $\mathfrak{a}'$, et l'on a $\mathfrak{o}=\mathfrak{o}'+\mathfrak{a}'$, $\mathfrak{o}'$ étant un système *simple*, et la somme étant *directe*. On sait que $\mathfrak{o}'$ est un anneau de matrices sur un corps gauche K; soient $c_{ij}(1\leq i,j\leq n)$ ses unités matricielles; $\mathfrak{a}'$ est somme directe d'un nombre fini (quelconque) d'idéaux à gauche nilpotents isomorphes aux idéaux à gauche minimaux de $\mathfrak{o}'$; si $\mathfrak{l}$ est l'un d'eux, il admet une base de n éléments $d_i(1\leq i\leq n)$, en tant que module à gauche par rapport au corps $K\subset\mathfrak{o}'$, autrement dit, $\mathfrak{l}$ est l'ensemble des éléments $\sum_{i=1}^{n}\alpha_i d_i$ avec $\alpha_i\in K$, les d_i étant linéairement indépendants; en outre on a $c_{ij}d_k=0$ si $j\neq k$, $c_{ij}d_j=d_i$ et $d_i c_{jk}=0$ quels que soient i, j, k. Enfin $\mathfrak{a}'^2=(0)$, ce qui achève de déterminer la *table de multiplication* dans $\mathfrak{o}$; on notera que, si e est l'élément unité de $\mathfrak{o}'$, on a $ex=x$ $xe=0$, pour tout $x\in\mathfrak{a}'$. On montre en outre que, dans $\mathfrak{o}$, tout idéal à droite minimal est *nilpotent*, donc contenu dans $\mathfrak{a}'$, lorsque $\mathfrak{a}'\neq(0)$.

Définition et propriétés analogues pour les systèmes *quasi-simples à droite*.

3. Soit maintenant un anneau quelconque $\mathfrak{o}$ satisfaisant aux conditions maximale et minimale; si $\mathfrak{l}$ est un idéal à gauche minimal de $\mathfrak{o}$, la somme de tous les idéaux isomorphes à $\mathfrak{l}$ est un système *quasi-simple à gauche* contenu dans $\mathfrak{o}$; il y a un nombre fini de tels systèmes $\mathfrak{a}_i(1\leq i\leq n)$ non nilpotents, qui sont des idéaux bilatères dans $\mathfrak{o}$, et dont la somme $\mathfrak{a}$ est *directe*. Soit de même $\mathfrak{b}$ la somme directe des systèmes quasi-simples *à droite* $\mathfrak{b}_j(1\leq j\leq m)$ non nilpotents, contenus dans $\mathfrak{o}$. On peut décomposer $\mathfrak{a}_i$ en somme directe d'un système simple $\mathfrak{S}_i$, d'unité e'_i, et d'un idéal

(4) Cf. DEURING, *loc. cit.*, p. 6.

bilatère $\mathfrak{a}'_i$ de carré nul; décomposition analogue de $\mathfrak{b}_j$ en somme directe d'un système simple $\mathfrak{R}_j$, d'unité e''_j, et d'un idéal bilatère de carré nul $\mathfrak{b}'_j$. On n'a $\mathfrak{L}_i \cap \mathfrak{R}_j \neq (\text{o})$ que si $\mathfrak{a}_i = \mathfrak{b}_j$ est *simple*; dans tout autre cas, $\mathfrak{a}_i \cap \mathfrak{b}_j = \mathfrak{a}'_i \cap \mathfrak{b}'_j = \mathfrak{d}_{ij}$ est un idéal bilatère de carré nul, et l'on peut faire en sorte que $e'_i e''_j = e''_j e'_i = \text{o}$.

Soit alors $\mathfrak{P}_1$ la somme des $\mathfrak{L}_i$ et des $\mathfrak{R}_j$ *distincts*, somme qui est *directe*, et constitue un sous-anneau *semi-simple* de $\mathfrak{o}$. $\mathfrak{o}$ est *somme directe* de $\mathfrak{P}_1$ et d'un *idéal bilatère* $\mathfrak{S}_1$, se décomposant lui-même comme suit : pour tout i, $\mathfrak{a}'_i$ est somme directe des $\mathfrak{d}_{ij}$ ($1 \leqq j \leqq m$) et d'un idéal à gauche $\mathfrak{a}'_{io}$; de même $\mathfrak{b}'_j$ est somme directe des $\mathfrak{d}_{ij}$ ($1 \leqq i \leqq n$) et d'un idéal à droite $\mathfrak{b}'_{jo}$. $\mathfrak{S}_1$ est somme directe des $\mathfrak{d}_{ij}$ ($1 \leqq i \leqq n$, $1 \leqq j \leqq m$), des $\mathfrak{a}'_{io}$ ($1 \leqq i \leqq n$) des $\mathfrak{b}'_{jo}$ ($1 \leqq j \leqq m$) et d'un sous-anneau $\mathfrak{k}$. La *table de multiplication* peut être précisée de la façon suivante :

On a $\mathfrak{L}_i \mathfrak{R}_j = \mathfrak{R}_j \mathfrak{L}_i = (\text{o})$ si $\mathfrak{L}_i \neq \mathfrak{R}_j$, $\mathfrak{a}_i \mathfrak{a}_j = \mathfrak{a}_j \mathfrak{a}_i = (\text{o})$ si $i \neq j$, et l'analogue pour les $\mathfrak{b}_j$. On a $\mathfrak{d}_{ij} \mathfrak{L}_i = \mathfrak{R}_j \mathfrak{d}_{ij} = (\text{o})$; on a vu au n° 2 comment s'obtiennent les produits $\mathfrak{L}_i \mathfrak{d}_{ij}$ et $\mathfrak{d}_{ij} \mathfrak{R}_j$, et de même $\mathfrak{L}_i \mathfrak{a}'_{io}$ et $\mathfrak{b}'_{jo} \mathfrak{R}_j$; en outre $\mathfrak{a}'_{io} \mathfrak{L}_i = \mathfrak{R}_j \mathfrak{a}'_{io} = \mathfrak{a}'_{io} \mathfrak{R}_j = (\text{o})$, et $\mathfrak{R}_j \mathfrak{b}'_{jo} = \mathfrak{b}_{jo} \mathfrak{L}_i = \mathfrak{L}_i \mathfrak{b}'_{jo} = (\text{o})$; enfin, $\mathfrak{b}'_{jo} \mathfrak{a}'_{io} = (\text{o})$, $\mathfrak{L}_i \mathfrak{k} = \mathfrak{k} \mathfrak{L}_i = \mathfrak{R}_j \mathfrak{k} = \mathfrak{k} \mathfrak{R}_j = \mathfrak{d}_{ij} \mathfrak{k} = \mathfrak{k} \mathfrak{d}_{ij} = \mathfrak{k} \mathfrak{a}'_{io} = \mathfrak{b}'_{jo} \mathfrak{k} = (\text{o})$. On précise aisément comment s'effectue le produit $\mathfrak{a}'_{io} \mathfrak{b}'_{jo} \subset \mathfrak{d}_{ij}$. Reste seulement la multiplication dans $\mathfrak{k}$, et les produits $\mathfrak{a}'_{io} \mathfrak{k} \subset \mathfrak{a}'_{io}$, $\mathfrak{k} \mathfrak{b}'_{jo} \subset \mathfrak{b}'_{jo}$ à élucider.

4. $\mathfrak{S}_1$ contient la somme $\mathfrak{u}$ des systèmes quasi-simples à gauche *nilpotents*, et la somme $\mathfrak{v}$ des systèmes quasi-simples à droite *nilpotents* contenus dans $\mathfrak{o}$; la somme de $\mathfrak{u}$, $\mathfrak{v}$, des $\mathfrak{d}_{ij}$, $\mathfrak{a}'_{io}$ et $\mathfrak{b}'_{jo}$ est un idéal bilatère $\mathfrak{U}_1 \subset \mathfrak{S}_1$, tel que $\mathfrak{U}_1^4 = (\text{o})$; tous les systèmes quasi-simples de $\mathfrak{o}$ sont contenus dans $\mathfrak{P}_1 + \mathfrak{U}_1$. On peut recommencer le même processus de décomposition sur $\mathfrak{S}_1/\mathfrak{U}_1$, et ainsi de suite; en vertu de la condition maximale, on épuise ainsi $\mathfrak{o}$ en un nombre fini d'opérations.

5. Pour terminer, on notera que lorsque $\mathfrak{o}$ est supposé *complètement réductible à gauche* (droite), c'est la somme directe d'un nombre fini d'idéaux bilatères, qui sont des systèmes quasi-simples à gauche (droite) et s'annulent mutuellement; la structure de $\mathfrak{o}$ est alors parfaitement déterminée. Il y a de même de notables simplifications lorsque $\mathfrak{o}$ est *commutatif* : alors $\mathfrak{P}_1$ est somme directe de *corps*, $\mathfrak{d}_{ij} = \mathfrak{a}'_{io} = \mathfrak{b}'_{jo} = (\text{o})$, et $\mathfrak{U}_1^2 = (\text{o})$.

TOPOLOGIE. — *Sur les types homogènes de dimensions.* Note de M. **Ky Fan**, présentée par M. Émile Borel.

1. La notion due à M. Fréchet du type de dimensions repose sur la comparaison de deux ensembles pris chacun en bloc. Il en résulte qu'une droite a un type de dimensions inférieur à celui d'une circonférence, que les surfaces de la sphère et du tore ont deux types de dimensions incomparables, etc. M. H. Tietze ([1]) y remédie en appelant figure homogène à n dimensions, un ensemble E tel que, pour chaque point a de E, il existe un voisinage de a sur E qui soit homéomorphe à un *intervalle* de l'espace cartésien (R_n) à n coordonnées, le centre de l'intervalle et le point a se correspondant par cette homéomorphie. M. Fréchet, poussant plus avant, a introduit le type local de dimensions. Soient E, F deux ensembles appartenant à deux espaces distanciés et a, b deux points de E et de F respectivement. *Le type local de dimensions de* E *en* a est au plus égal à celui de F en b ($d_a E \leqq d_b F$), si, quel que soit un voisinage V_b de b sur F (c'est-à-dire la partie commune de F et d'un voisinage de b), il existe un voisinage V_a de a sur E tel que V_a soit homéomorphe à une partie de V_b. (Dans cette homéomorphie, le point b n'est pas nécessairement le transformé de a.) Il en résultera la définition de l'égalité et de l'inégalité de deux types locaux de dimensions. En développant une indication que M. Fréchet a donnée brièvement ([2]), nous dirons qu'un ensemble E non vide est (*dimensionnellement*) *homogène*, si l'on a $d_a E = d_b E$ pour tout couple de points a, b de E. Soient E, F deux ensembles homogènes appartenant à deux espaces distanciés. Nous dirons que *le type homogène de dimensions de* E est au plus égal à celui de F et nous écrirons $\partial E \leqq \partial F$, si, pour un point a de E et pour un point b de F, on a $d_a E \leqq d_b F$. Il en résultera la définition de ce qu'on représente par $\partial E < \partial F$ et $\partial E = \partial F$.

2. *La définition du type homogène de dimensions présente sur celle du type de dimensions les avantages* (a) *de rendre souvent comparables des ensembles dont les types de dimensions sont incomparables* (par exemple les surfaces de la sphère et du tore), (b) *de transformer souvent des inégalités en égalités* (par exemple dans le cas de la droite et de la circonférence). On peut donner un exemple d'un ensemble homogène J tel que son type de

---

([1]) *Abhand. Math. Sem. Hamburg. Univ.*, 2, 1923, p. 37-68.

([2]) *Les Espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 112; *Fund. Math.*, 11, 1928, p. 287.

dimensions dJ ne soit comparable à aucun type de dimensions $\leqq d(E_\omega)$ (3) et que son type homogène de dimensions ∂J soit comparable à celui de n'importe quel ensemble homogène (4). En général, étant donné un ensemble séparable homogène E, il existe toujours un ensemble homogène F tel que $\partial F = \partial E$ et $dF > dE$ (5).

I. *Soient* E, F *deux ensembles homogènes. Si les types de dimensions* dE *et* dF *sont comparables*, ∂E *et* ∂F *sont aussi comparables. Si* $dE \leqq dF$, *on a* $\partial E \leqq \partial F$. *Si* $dE = dF$, *on a* $\partial E = \partial F$.

Nous dirons, avec M. Kunugui (6), qu'un ensemble E est *réfléchi*, s'il contient au moins deux points distincts et si tout voisinage de chaque point sur E contient un ensemble homéomorphe à E. Tout ensemble réfléchi est évidemment homogène.

II. *Soient* E *un ensemble homogène et* F *un ensemble réfléchi. Alors :* 1° $\partial E \geqq \partial F$ *entraîne* $dE \geqq dF$ *et réciproquement;* 2° $\partial E > \partial F$ *entraîne* $dE > dF$; 3° $dE < dF$ *entraîne* $\partial E < \partial F$.

III. *Les deux notions du type de dimensions et du type homogène de dimensions seront équivalentes, quand on se borne aux ensembles réfléchis* (7).

3. On peut définir l'addition de types homogènes de dimensions par composition d'espaces d'une façon analogue à celle que M. Fréchet a employée pour définir l'addition de types de dimensions. Pour un grand nombre des propriétés des types de dimensions, il existe des propriétés analogues des types homogènes de dimensions. Nous en indiquons ci-après quelques-unes :

IV. *L'ensemble homogène* (appartenant à des espaces distanciés) *le plus général dont le type homogène de dimensions est égal à celui de l'ensemble* C_1 *des nombres rationnels, est n'importe quel ensemble dense en soi tel qu'aucun de ses points n'en soit point de condensation.*

---

(3) Pour la définition de l'espace (E''_ω), voir *Les Espaces abst.*, p. 81.

(4) Par exemple, l'ensemble isolé ayant la puissance du continu donné par M. Fréchet (*Rend. del Circ. Math. Palermo*, 30, 1910, p. 13) peut jouer le rôle de J.

(5) Par exemple, on peut prendre comme F l'ensemble composé (voir *Les Espaces abst.*, p. 107) $F = [[E, J]]$, où J est un ensemble isolé ayant la puissance du continu.

(6) M. Kunugui a introduit cette notion dans un autre but. Voir sa Thèse *Sur la théorie du nombre de dimensions*, Paris, 1930, p. 32-35.

(7) Presque tous les espaces importants considérés par les analystes sont réfléchis, par exemple (R_n), (R), (E_ω), (C), (C^p), (Ω), (Ω_1), (A), (S), (I), (M), (D_ω) etc., (pour les définitions de ces espaces, voir *Les Espaces abst.*, p. 76-97). Et l'on a

$$\partial(R_1) < \partial(R_2) < \ldots < \partial(R_n) < \ldots < \partial(R) < \partial(E_\omega) < \partial(D_\omega),$$
$$\partial(E_\omega) = \partial(C) = \partial(C^p) = \partial(\Omega) = \partial(\Omega_1) = \partial(A) = \partial(S) = \partial(I) = \partial(M).$$

V. *Pour qu'un ensemble* E (appartenant à un espace distancié) *soit homogène et du même type homogène de dimensions que l'ensemble* H_I *des nombres irrationnels, il faut et il suffit que la condition suivante soit vérifiée : Pour tout point a de* E *et tout voisinage* V_a *de a sur* E, *il existe un ensemble* P *et un voisinage* W_a *de a sur* E *tels que* 1° $P \subset V_a$; 2° P *soit parfait compact et dispersé* (c'est-à-dire aucun de ses sous-ensembles contenant plus d'un point n'est connexe); 3° W_a *soit homéomorphe à une partie de* P.

VI. *Pour qu'un ensemble linéaire* E *soit homogène et* $\partial E = \partial H_I$, *il faut et il suffit que E soit dispersé et que tout voisinage* V_a *de tout point* $a (\subset E)$ *sur* E *contienne un ensemble parfait.*

VII. *Dans un espace distancié et localement compact, tout ensemble* E *parfait dispersé est homogène et* $\partial E = \partial H_I$.

VIII. *Le type homogène de dimensions de* H_I *est le plus grand de ceux qui sont plus petits que le type homogène de dimensions de la droite* (R_I).

IX. *Parmi les types homogènes de dimensions des ensembles homogènes et localement séparables* (8) (appartenant à des espaces distanciés), *il y en a un qui est le plus grand. Ce dernier est égal au type homogène de dimensions de l'espace* (E_ω) *de M. Fréchet.*

ÉLASTICITÉ. — *Milieux homogènes isotropes en équilibre sans forces de masse et dans lesquels il n'existe pas de tension sur des sections parallèles à un plan fixe.* Note de M. **Charles Platrier**.

Avec des notations classiques, en désignant par N_1, N_2, N_3, T_1, T_2, T_3 les coordonnées du tenseur tension $\overline{\overline{T}}$, je me propose d'étudier l'équilibre de milieux homogènes isotropes qui ne sont soumis à aucune force de masse et dans lesquels

$$T_1 = T_2 = N_3 \equiv 0,$$

problème en quelque sorte opposé à celui de B. de Saint-Venant où il supposait

$$N_1 = N_2 = T_3 \equiv 0.$$

Dans l'hypothèse que je fais ici les six coordonnées de $\overline{\overline{T}}$ doivent satis-

(8) Notion due à P. Urysohn, *Fund. Math.*, 9, 1927, p. 119. Cf. M. W. Sierpinski, *Fund. Math.*, 21, 1933, p. 107-113.

faire aux huit relations indéfinies

(1) $$\Delta N_1 + (1-\varpi)\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} = 0$$ et deux analogues en N_2 et N_3,

(2) $$\Delta T_1 + (1-\varpi)\frac{\partial^2 N}{\partial y\,\partial z} = 0$$ et deux analogues en T_2 et T_3,

(3) $$\begin{cases} \dfrac{\partial N_1}{\partial x} + \dfrac{\partial T_3}{\partial y} = 0, \\ \dfrac{\partial T_3}{\partial x} + \dfrac{\partial N_2}{\partial y} = 0, \end{cases}$$

avec $N = N_1 + N_2$ et $\varpi = \lambda/(3\lambda + 2\mu)$ (λ et μ coefficients de Lamé); Δ laplacien relatif à trois variables x, y et z; Δ' laplacien relatif à deux variables x et y.

Les relations (1) et (2) relatives à T_1, T_2 et N_3 donnent ici

$$N = 2hz + b(x, y)$$

(h constante et b fonction de x et y seulement) et la somme des relations (1)

(4) $$\Delta' b = 0.$$

Les deux relations (3) permettent d'écrire d'autre part

$$N_1 = \frac{\partial^2 K}{\partial y^2}, \qquad N_2 = \frac{\partial^2 K}{\partial x^2}, \qquad T_3 = -\frac{\partial^2 K}{\partial x\,\partial y},$$

K étant une fonction de x, y, z telle que

$$\Delta' K = N_1 + N_2 = 2hz + b(x, y)$$

où, en posant

$$K = H + \frac{hz}{2}(x^2 + y^2),$$

(5) $$N_1 = \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + hz, \qquad N_2 = \frac{\partial^2 H}{\partial \lambda^2} + hz, \qquad T_3 = -\frac{\partial^2 H}{\partial x\,\partial y}$$

avec

(6) $$\Delta' H = b(x, y).$$

Les trois relations (1) et (2) auxquelles il reste à satisfaire peuvent alors se résumer, compte tenu de (4), (5) et (6), par

(7) $$H = f(x, y) + z\,a(x, y) - \varpi\frac{z^2}{2}b(x, y),$$

a et f fonctions de x et y seulement et H étant défini à une fonction linéaire

près en x et y [fonction qui ne joue aucun rôle dans le calcul de N_1, N_2 et T_3 par les formules (5)].

Finalement la formule (7) jointe aux conditions (4) et (6), qui peuvent s'écrire

$$(8) \qquad \Delta' a = 0, \quad \Delta' b = 0, \quad \Delta' f = b,$$

permet, par (5), le calcul de N_1, N_2 et T_3 exprimés à l'aide de trois fonctions harmoniques arbitraires et d'une constante h également arbitraire.

A titre d'exemple, ces résultats peuvent être appliqués à la double couche cylindrique de révolution d'axe Oz, limitée par deux sections droites, quand cette couche est en équilibre sous l'action des pressions

$$P_0 + P'_0 \frac{z}{r_0} + P \frac{z^2}{r_0^2}, \qquad P_1 + P'_1 \frac{z}{r_1} + P \frac{z^2}{r_1^2},$$

respectivement exercées sur les surfaces limites de rayons $r = r_0$ et $r = r_1$ [P_0, P_1, P'_0, P'_1 et P étant des pressions arbitraires], on peut, dans ce cas particulier, choisir avec A, B, C, D constants :

$$a = A \log \frac{1}{r}, \qquad b = B \log \frac{1}{r} + 2C, \qquad f = \frac{Br^2}{4}\left(1 + \log \frac{1}{r}\right) + C\frac{r^2}{2} + D \log \frac{1}{r}.$$

Tout calcul fait, on obtient alors : 1° comme tension sur la surface cylindrique de rayon r, la pression normale

$$\begin{aligned}\mathcal{N}_1 = & -z^2 \frac{P}{r^2} - z \frac{P'_0 r_0 (r_1^2 - r^2) + P'_1 r_1 (r^2 - r_0^2)}{r^2 (r_1^2 - r_0^2)} \\ & - \frac{P}{\varpi} \frac{r_1^2 r^2 \log \frac{r_1}{r} + r_0^2 r^2 \log \frac{r}{r_0} + r_1^2 r_0^2 \log \frac{r_1}{r_0}}{r^2 (r_1^2 - r_0^2)} \\ & - \frac{P_0 r_0^2 (r_1^2 - r^2) + P_1 r_1^2 (r^2 - r_0^2)}{r^2 (r_1^2 - r_0^2)};\end{aligned}$$

2° comme tension sur une section méridienne en un point r la tension normale

$$\begin{aligned}\mathcal{N}_2 = & \; z^2 \frac{P}{r^2} + z \frac{P'_0 r_0 (r_1^2 + r^2) - P'_1 r_1 (r^2 + r_0^2)}{r^2 (r_1^2 - r_0^2)} \\ & - \frac{P}{\varpi} + \frac{P}{\varpi} \frac{r_1^2 r^2 \log \frac{r_1}{r} + r_0^2 r^2 \log \frac{r}{r_0} + r_1^2 r_0^2 \log \frac{r_1}{r_0}}{r^2 (r_1^2 - r_0^2)} \\ & + \frac{P_0 r_0^2 (r_1^2 + r^2) - P_1 r_1^2 (r^2 + r_0^2)}{r^2 (r_1^2 - r_0^2)};\end{aligned}$$

ces résultats généralisent ceux de Lamé concernant l'équilibre de la double couche cylindrique sur les surfaces latérales de laquelle s'exercent les pressions uniformes P_0 sur $r=r_0$, P_1 sur $r=r_1$.

ÉLASTICITÉ. — *Nouveaux modèles analogiques pour le calcul de la torsion d'un prisme.* Note [1] de MM. **Joseph Pérès** et **Lucien Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

1. Reprenons les notations, d'une Note précédente [2], où nous avons indiqué l'intérêt de réalisations donnant directement les efforts élastiques, c'est-à-dire les dérivées de la fonction de tension φ.

Ces dérivées sont harmoniques et, posant $u=\varphi'_x$, la fonction conjuguée de u est $v=\mathrm{F}y-\varphi'_y$. Supposons que la section soit un polygone dont tous les angles sont droits (angles saillants de 90°, angles rentrants de 270°) les côtés étant, les uns parallèles à $\mathrm{O}x$, les autres parallèles à $\mathrm{O}y$. On vérifie que la recherche de φ revient à celle du couple (u, v) avec les conditions suivantes : $u=0$ sur les côtés parallèles à $\mathrm{O}x$, $v=\mathrm{F}y$ sur les côtés parallèles à $\mathrm{O}y$. On pourra d'ailleurs envisager deux types de réalisations analogiques, suivant que c'est v ou u qui s'identifie avec le potentiel dans le bassin électrique.

La fonction analytique $u+iv$, de la variable $z=x+iy$, devient infinie comme $(z-z_0)^{-1/3}$ au voisinage d'un angle rentrant z_0. Les réalisations les plus simples sont donc relatives à la section qui n'a pas d'angle rentrant, section *rectangulaire*.

2. Dans un modèle du premier type, les côtés du rectangle parallèles à $\mathrm{O}y$ sont munis d'électrodes dont on réglera les potentiels aux valeurs définies par la loi $v=\mathrm{F}y$, les côtés du rectangle parallèles à $\mathrm{O}x$ sont isolants, ce qui assure seulement que u y est constant; mais la symétrie du champ garantit que u a la même valeur, que l'on peut prendre nulle, sur les deux côtés en question. Les conditions du n° 1 sont donc satisfaites. Les symétries du champ permettent d'ailleurs de réduire la réalisation à 1/4 du rectangle, soit à l'aire OAPB : OA, axe du rectangle suivant $\mathrm{O}x$ est représenté par une électrode au potentiel zéro, l'axe OB et BP sont isolants, PA porte les petites électrodes à régler aux potentiels $\mathrm{F}y$.

---

(1) Séance du 26 août 1940.

(2) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 131.

La mesure du potentiel v en un point du bassin donne directement la contrainte τ_{xz} au point homologue de la section. Soient $2a$ et $2b$ les côtés du rectangle ($OA = a$, $OB = b$), supposons que l'échelle des potentiels varie de 0 à 100 depuis A jusqu'à P; on a $Fb = 100$ et

$$\frac{\tau_{xz}}{Fb} = \frac{y}{b} - \frac{v}{100}.$$

La précision est excellente et atteint aisément le 1000[e], au lieu du 100[e] pour les réalisations concernant la fonction de tension. Il est intéressant de remarquer que le même modèle donne aussi τ_{yz} sur AP et OA. Les intensités de courant débitées par les électrodes de AP définissent sur ce bord u'_y, d'où u par intégration. De même sur OA, pourvu que l'on découpe en électrodes partielles l'électrode unique qui occupe cette frontière : les intensités de courant débitées font connaître u'_x, d'où encore u par intégration.

Le couple se déduit de la loi des potentiels sur PB, on a

$$\mathfrak{M} = -4\int_0^a (a^2 - x^2)(v)_{y=b}\,dx;$$

le calcul, appliqué à un exemple pour $a/b = 3/2$, a donné

$$\frac{\mathfrak{M}}{\frac{1}{2}Fab^3} = 3,12$$

au lieu du nombre théorique 3,132.

3. Les réalisations dans lesquelles le potentiel du bassin s'identifie à u, et non v, sont très semblables et il n'y a pas lieu d'y insister. On se réduira encore à 1/4 du champ : OB et BP portent chacun une électrode au potentiel O; OA est isolant; sur AP enfin, d'après la relation $v = Fy$, la densité de courant doit être constante et on constituera donc cette frontière du champ par des électrodes identiques, le réglage devant assurer que ces diverses électrodes débitent chacune la même intensité de courant; les détails sur ce réglage seront donnés dans un autre Recueil.

4. Toujours dans le cas du rectangle, d'autres réalisations, également avantageuses, concernent φ''_{x^2} ou φ''_{y^2} pris comme potentiel électrique dans le bassin.

φ''_{x^2} ou φ''_{y^2} sont respectivement nuls sur les côtés du rectangle parallèles à Ox ou à Oy. Or leur somme vaut F dans tout le champ. Il en suit que le potentiel du bassin sera φ''_{x^2} si on l'alimente par des électrodes disposées

suivant les bords, les électrodes parallèles à Ox étant au potentiel O, celles des bords parallèles à Oy au potentiel F. La même réalisation donnera φ''_{y^2} par simple changement de l'échelle des potentiels ($\varphi''_{y^2} = F - \varphi''_{x^2}$). Le modèle est plus simple que les précédents, mais il faut effectuer une intégration pour revenir aux dérivées premières, donc aux contraintes : intégrant sur une droite $y = y_0$ du bassin, par exemple, on aura

$$\varphi'_x = \int_0^x \varphi''_{x^2}(x, y_0)\, dx$$

et d'une façon analogue pour φ'_y. Dans un exemple traité ($a/b = 3/2$) on a ainsi obtenu, pour τ/Fb au point B, 0,846 au lieu de 0,848 théorique et, en A, 0,727 au lieu de 0,728.

5. D'autres questions se traitent de même, par exemple la flexion d'une barre encastrée à un bout et portant à l'autre la charge P suivant l'axe de symétrie Ox de la section. Dans le cas du rectangle, la fonction φ dont dépendent les cisaillements est nulle au contour, son laplacien est $3Py/20a^3b$ (pour un coefficient de Poisson de 1/4). D'où en particulier une réalisation de φ''_{y^2} comme potentiel dans le bassin (1/4 du rectangle) avec des électrodes au potentiel 0 suivant OA et AP, une électrode au potentiel $3P/20a^3$ suivant PB, BO isolant. Si l'on munit AP d'électrodes à des potentiels variant linéairement de 0 à $3P/20a^3$, et prend PB au potentiel 0, sans autres modifications, on a une réalisation de φ''_{x^2}. Les deux modèles sont équivalents dans leurs résultats puisqu'on passe aisément de φ''_{x^2} à φ''_{y^2}. Comme au numéro 4, on a φ'_x et φ'_y, qui figurent dans les expressions des cisaillements, par quadratures (on obtient la constante d'intégration dans φ'_y par la condition que φ est nul aux bords). Des essais du second modèle (qui est le plus délicat) ont donné comme rapport entre le cisaillement correct et celui que donne la formule élémentaire : pour $a/b = 1/2$, 0,857 en O et 1,393 en B; pour $a/b = 2$, 0,983 et 1,033 (valeurs exactes : 0,856, 1,396; 0,983, 1,033).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la calorimétrie des solutions aqueuses de quelques sels alcalins*. Note de M. **Jean Perreu**.

Les mesures calorimétriques concernant les solutions aqueuses binaires de permanganate de potassium, de phosphate monopotassique, d'oxalate neutre de potassium et de pyrophosphate de sodium, ont été effectuées

vers 18°C. Ces deux derniers sels ont été employés à l'état d'hydrates, de formule $S.sH^2O$; la concentration p de leurs solutions représente le poids en grammes d'hydrate dissous dans 100g d'eau libre, h est le nombre de mol-g d'eau totale par mol-g de sel, et c exprime le nombre de mol-g de sel par mol-g d'eau totale. La relation qui, dans ce cas particulier, donne la chaleur d'addition a_C de la solution saturée, s'écrit

$$a_C = -(h-s)\frac{dL_c}{dh}.$$

1° *Permanganate*, MnO^4K. — La concentration finale obtenue dans les mesures de q_0 et de L_c est égale à $p' = 0,8\%$; $h' = 1096,7$; $c' = 0,00091$.

Concentrations initiales.								
p.	h.	c.	γ_m (18°-20°).	q_c.	$L_c^{c'}$.	Q_c calc.	a_C.	
0	∞	0		cal −10,46 (q_0)				
1	877,39	0,00114	0,992	−10,23				
2	438,69	0,00228	0,984	−10,02				
3	292,46	0,00342	0,978	− 9,76				
4	219,35	0,00456	0,971	− 9,55	cal −0,31	cal −10,15		
5	175,48	0,00570	0,965	− 9,40	−0,36	−10,10		
6	146,23	0,00684	0,960	− 9,25	−0,46	−10,00		
6,3 (sat.)	139,26	0,00718 (C)	0,958	− 9,20 (q_C) (extrap.)	−0,50	− 9,96	cal −0,80 (mesuré)	cal −0,78 (calculé)

Les chaleurs spécifiques sont exprimées par la formule

$$\gamma_m(18°\text{-}20°) = \frac{29,324+h}{36,562+h}.$$

Le calcul de la chaleur limite donne $q_C = -9^{cal},16$, nombre voisin du résultat extrapolé.

2° *Phosphate monopotassique*, PO^4H^2K. — q_0 et L_c correspondent à la concentration finale $p' = 1\%$; $h' = 755,55$; $c' = 0,00132$.

Concentrations initiales.								
p.	h.	c.	γ_m (18°-20°).	q_c.	$L_c^{c'}$.	Q_c calc.	a_C.	
0	∞	0		cal −4,78 (q_0)				
3	251,35	0,00396	0,972	−4,61				
6	125,93	0,00792	0,945	−4,46				
9	83,95	0,01189	0,922	−4,34				
12	62,96	0,01585	0,902	−4,23	cal −0,30	cal −4,48		
15	50,37	0,01981	0,885	−4,14	−0,36	−4,42		
18	41,97	0,02378	0,870	−4,07	−0,42	−4,36		
21,5 (sat.)	35,14	0,02832 (C)	0,856	−3,98 (q_C) (extrap.)	−0,49	−4,29	cal −0,34 (mesuré)	cal −0,36 (calculé)

On a

$$q_{C\ \text{extrap.}} = -3^{\text{cal}},98; \qquad q_{C\ \text{calc.}} = -3^{\text{cal}},95.$$

La formule qui représente les chaleurs spécifiques trouvées, s'écrit

$$\gamma_m(18^\circ\text{-}20^\circ) = \frac{7,934 + h}{15,637 + h}.$$

3° *Oxalate*, $C^2O^4K^2.H^2O$. — La concentration finale relative aux mesures de q_0 et de L_c est $p' = 1\ \%$; $h' = 1023,2$; $c' = 0,00098$.

Concentrations initiales.							a_C (sat.)	
p.	h.	c.	$\gamma_m(19^\circ\text{-}21^\circ)$.	q_c. (cal)	$L_c^{c'}$. (cal)	Q_c calc. (cal)	(cal)	(cal)
0	∞	0		−7,44 (q_0)				
5	205,44	0,0049	0,951	−7,24				
10	103,22	0,0097	0,910	−7,05	−0,19	−7,25		
15	69,15	0,0145	0,876	−6,86	−0,30	−7,14		
20	52,11	0,0192	0,845	−6,71	−0,40	−7,04		
25	41,89	0,0239	0,816	−6,57	−0,52	−6,92		
30	35,07	0,0285	0,792	−6,44	−0,60	−6,84		
35	30,21	0,0331	0,770	−6,32	−0,68	−6,76		
37,6 (sat.)	28,18	0,0355 (c)	0,760	−6,28 (q_C) (extrap.)	−0,72	−6,72	−0,48 (mesuré)	−0,47 (calculé)

Les valeurs trouvées pour q_C sont $-6^{\text{cal}},28$ (extrap.) et $-6^{\text{cal}},24$ (calc.). Les chaleurs spécifiques sont données par la relation

$$\gamma_m(19^\circ\text{-}21^\circ) = \frac{6,643 + h}{17,421 + h}.$$

4° *Pyrophosphate*, $P^2O^7Na^4.10\,H^2O$. — En dissolvant la mol-g d'hydrate dans 1100 mol-g d'eau libre, on trouve $q_0 = -11^{\text{cal}},80$; dans 2100 mol-g d'eau, $q_0 = -11^{\text{cal}},95$ et dans 3100 mol-g d'eau $q_0 = -12^{\text{cal}},08$. Dans le tableau suivant, la concentration finale obtenue dans les mesures de q_0 et de L_c est $p' = 0,8\ \%$; $h' = 3107$; $c' = 0,00032$.

Concentrations initiales.							a_C.	
p.	h.	c.	$\gamma_m(18^\circ\text{-}20^\circ)$.	q_c. (cal)	$L_c^{c'}$. (cal)	Q_c calc. (cal)	(cal)	(cal)
0	∞	0		−12,08 (q_0)				
2	1248,89	0,00080	0,983	−11,70				
3	839,29	0,00119	0,975	−11,54				
4	629,44	0,00158	0,969	−11,43				
5	505,55	0,00198	0,961	−11,33	−0,06	−12,02		
6	422,77	0,00237	0,955	−11,26	−0,115	−11,97		
7	363,81	0,00276	0,950	−11,22	−0,17	−11,91		
7,4 (sat.)	344,85	0,00298 (c)	0,948	−11,20 (q_C) (extrap.)	−0,20	−11,88	−0,58 (mesuré)	−0,56 (calculé)

D'où $q_{C(calc.)} = -11^{cal},3$; $q_{C(extrap.)} = -11^{cal},2$.

$$\gamma_m(18^\circ\text{-}20^\circ) = \frac{69,75 + h}{92,12 + h}.$$

Les valeurs trouvées, dans ces mesures, pour les chaleurs initiales sont en bon accord avec les résultats antérieurs, et les écarts constatés entre les chaleurs limites extrapolées et calculées, sont très faibles.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Haloragacées. Développement de l'embryon chez le* Myriophyllum alterniflorum *DC.* Note [1] de M. **René Souèges**, transmise par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Stolt, en 1928 [2], a très exactement montré comment se différencient, par division longitudinale de la cellule basale, deux grosses vésicules haustoriales, semblables quant à leur forme, leurs dimensions et leurs caractères cytologiques. Mais, n'ayant pas rigoureusement suivi la marche de la segmentation dans la cellule apicale, il n'a pu faire connaître les lois selon lesquelles s'édifie le corps embryonnaire.

Les figures 1, 2, 3, 4, 14 permettent de se rendre compte de la formation des deux vésicules haustoriales aux dépens de la cellule basale. La cellule apicale, très aplatie, produit deux cellules superposées *cc* et *cd* (*fig.* 4), puis une tétrade régulière en T (*fig.* 6). Les deux éléments supérieurs juxtaposés de cette tétrade, par segmentations méridiennes, donnent quatre quadrants (*fig.* 8) qui, par divisions transversales, engendrent 4 octants supérieurs, *os*, et 4 octants inférieurs *oi*, (*fig.* 9 à 11). Les octants supérieurs produisent la partie cotylée *l*; ils prennent tout d'abord des parois tangentielles (*fig.* 12 à 17) qui individualisent le dermatogène; dans les cellules sous-épidermiques s'établissent ensuite des parois généralement verticales séparant, vers l'extérieur, les cellules-mères des cotylédons, autour de l'axe, des éléments qui entreront dans la construction du cône végétatif de la tige (*fig.* 19 à 25). Les octants inférieurs donnent naissance à la partie supérieure de l'hypocotyle *l'*; ils prennent des cloisons verticales qui séparent d'abord le dermatogène (*fig.* 12 à 15), puis le périblème et le plérome (*fig.* 16 à 19). Les figures 20 à 24 montrent comment à ces parois longitudinales succèdent les parois transversales.

Les processus de division et les fonctions de l'élément *m* de la tétrade (*fig.* 6) constituent le point délicat et peut-être le plus discutable de l'histoire du développement. Cet élément produit d'abord quatre cellules circumaxiales (*fig.* 7 à 12). Ces cellules prennent ensuite des cloisons qui s'insèrent, inférieurement, tantôt sur les

(1) Séance du 26 août 1940.

(2) *Svensk Bot. Tidskrift*, 22, 1928, p. 305-319.

parois verticales méridiennes (*fig.* 13, 16 à d., 17), tantôt sur la paroi horizontale séparant l'étage *m* de l'étage *n* (*fig.* 12, 14, 15). De là résultent certaines irrégularités dans les processus de construction cellulaire de la portion du corps tirant origine de *m*. Le deuxième mode de division des quatre cellules circumaxiales s'est montré le plus fréquent et peut être considéré comme exprimant la règle générale. Aux premières cloisons qui isolent le dermatogène (*fig.* 18, 20) succèdent des cloisons

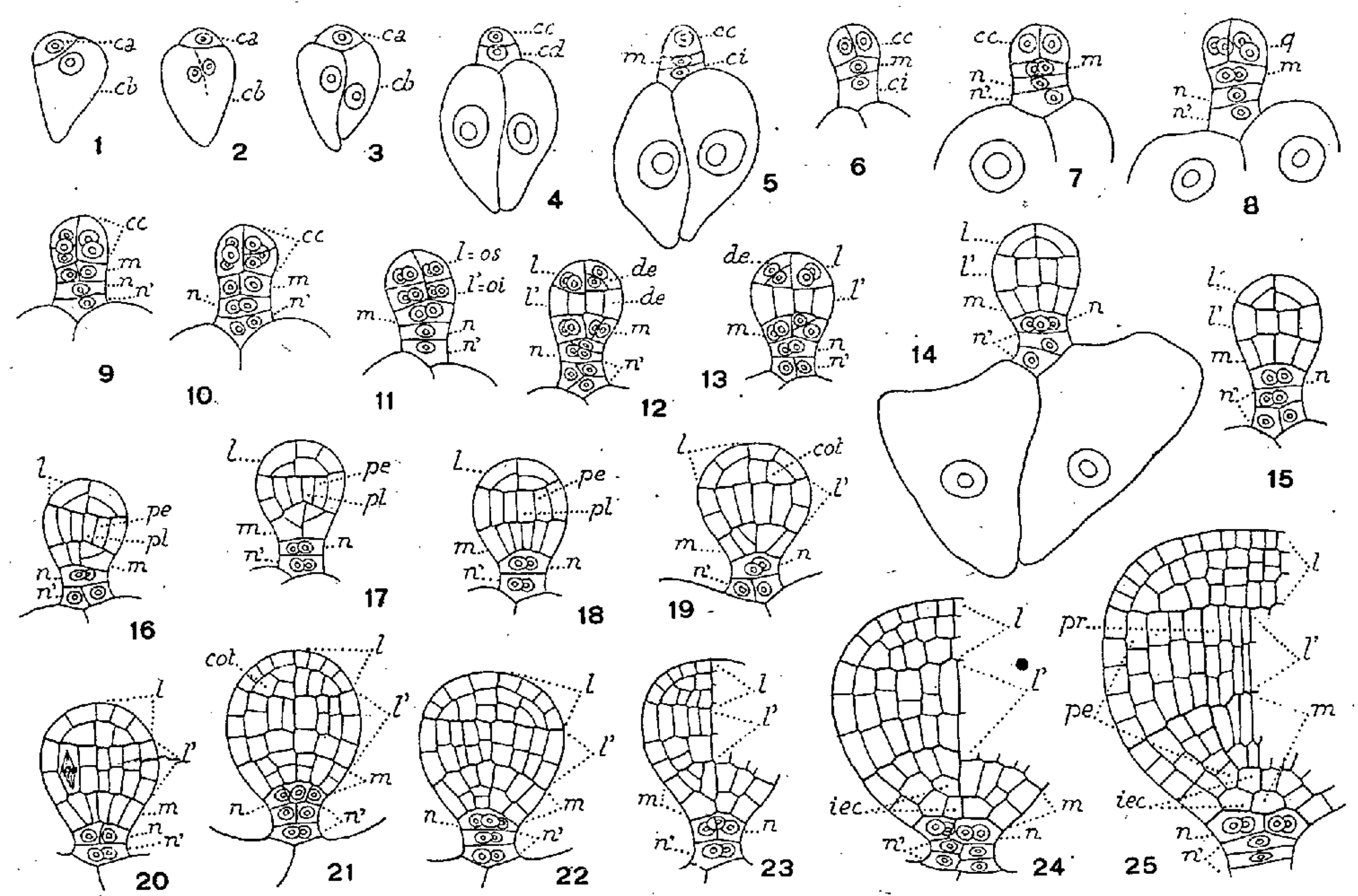


Fig. 1 à 25. — *Myriophyllum alterniflorum* DC. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou les deux vésicules haustoriales; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd*; *n* et *n'* cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou portion supérieure de l'hypocotyle; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *cot*, cellule-mère du cotylédon; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 290.

semblables qui séparent le périblème. Dans les cellules centrales, des parois transversales séparent, vers le bas, les initiales de l'écorce de la racine, vers le haut, des éléments qui entrent dans la construction du cylindre central. Au terme de la vie proembryonnaire, il apparaît deux tétrades superposées d'initiales d'écorce (*iec*, *fig.* 25).

L'élément *ci* de la tétrade se divise d'abord en deux cellules superposées *n* et *n'* : *n* produit quatre cellules circumaxiales (*fig.* 10, 13, 14, 21, 24) qui contribuent à la construction de la portion médiane de la coiffe; *n'* se segmente le plus souvent verticalement, puis transversalement, et donne un suspenseur réduit.

Comme on le voit, par le comportement de la cellule basale qui ne prend nulle part à la construction du corps embryonnaire, par la formation d'une tétrade régulière en T aux dépens de la cellule apicale, par les

destinées des éléments de cette tétrade, le *Myriophyllum alterniflorum* s'apparente au *Samolus Valerandi*, au *Portulaca oleracea* et au *Pyrola rotundifolia* ([2]). Les quatre espèces se rattachent au même type embryonomique. Aucun rapprochement n'est, par contre, possible, du point de vue embryogénique, entre le *Myriophyllum* et l'*Hippuris vulgaris* ([3]), plantes que certains auteurs réunissent dans la même famille des Haloragacées.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Sur la préparation et la conservation des extraits de légumes*. Note de MM. **Léon Moreau** et **Émile Vinet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les feuilles tombées, les trognons de choux, qui constituent une partie sérieuse de la valeur alimentaire de ces légumes dans la présentation qui en est faite sur le marché, peuvent fournir des extraits aqueux susceptibles d'être conservés durant des mois. Ajoutés en proportions variables, 5, 10, 15 %, suivant les variétés de choux, à des potages neutres de goût, ils leur communiquent un arôme qui est celui du légume employé; ils sont nutritifs et renferment, presque intacts, les principes minéraux et organiques des choux crus et, à cet égard, peuvent constituer des moyens efficaces pour combattre certaines maladies de carence.

Composition sommaire de quelques extraits de légumes (choux).

	Densité à + 15.	Matières sèches p. l.	Matières minér. p. l.	Alcalinité des cendres (en cm³ KOH N/10) p. l.	Matières réductrices (en s. i.) avant interv. p. l.	Matières réductrices (en s. i.) après interv. p. l.	Acidité totale (en SO^4H^2) p. l.
		g	g	g	g	g	g
Choux-pommes (feuilles)	1024	46,0	11,9	30,8	20,3	20,3	1,8
Choux-fleurs (feuilles).......	1036	73,8	16,8	17,9	29,6	42,5	1,8
Choux-fourragers (feuilles)...	1035	70,4	17,7	15,9	28,3	39,8	2,2
Choux-fleurs (trognons) . / Choux-fourragers » .	1033	67,9	13,0	16,3	28,5	44,7	1,7

Nous avons pu extraire, dans le cas du chou-pomme, 63,8 % des matières minérales, 92,5 % des matières réductrices et 23,0 % des protides qu'il renferme.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 145; **206**, 1938, p. 768; **209**, 1939, p. 635.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 529.

Conservés durant 4 et 5 mois, les extraits n'ont montré aucune altération microbienne. Le dosage fait au début de juin par M. H. Germain, de l'acide ascorbique par la méthode de Martini et Bonsignore [1], qui utilise la décoloration du bleu de méthylène par cet acide sous l'influence d'un éclairement intense, a donné

extrait de feuilles de choux-fleurs.............	100 à 120^{mg}
extrait de trognons »	120 à 140^{mg}

d'acide ascorbique par litre. La méthode classique de Tilmans à l'indophénol (réduction du 2-6 dichlorophénol indophénol en milieu acide) fournit des chiffres plus élevés, par litre

extrait de feuilles de choux-fleurs.............	240^{mg}
extrait de trognons »	300^{mg}

de substances réductrices évaluées en acide ascorbique; mais cette méthode manque de spécificité, étant influencée par l'acide sulfureux employé et divers produits réducteurs contenus dans le chou. L'analyse, d'une part, et, d'autre part, les soins pris au cours de la préparation et de la stérilisation des extraits permettent de penser que ces derniers contiennent une grande partie de l'acide ascorbique contenu dans la plante fraîche.

La cuisson des feuilles ou trognons, finement hachés, se fait à 60-65° pendant 20 à 30 minutes environ, pour tuer les cellules et faciliter l'extraction, au cours de laquelle une addition ménagée de SO^2 assure l'antiseptie temporaire pendant la défécation et, ultérieurement, contribue, au cours de la pasteurisation de l'extrait, à assurer son aseptie. Après refroidissement, SO^2 momentanément dissocié par la chaleur rentre en combinaison, perd sa puissance antiseptique [2] et n'est plus perceptible à la dégustation. (Contrôle fait par des essais directs et par la méthode de l'Index-Iodé.) Dans l'extrait de choux, le taux d'acide ascorbique baisse assez vite après débouchage, dans les flacons laissés en vidange; au bout de 3-4 jours, ce taux est tombé de 100 à 70^{mg} pour les extraits de feuilles, de 120 à 90^{mg} pour ceux de trognons. Par contre, dans les flacons remplis, bien bouchés et cirés, ce taux n'a pas sensiblement varié à la température de 20-25°, après deux mois et demi de conservation.

---

(1) MENTZER et VIALARD GOUDON, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1, 1937, p. 707.
(2) *C. R. Acad. d'Agric.*, 23, 1937, p. 570 et 599.

Avec quelques variantes, la méthode réussit pour les extraits des légumes en général : pissenlit, épinard, oseille, tomate, etc., et aussi de la plupart des fruits.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La production expérimentale du rachitisme chez le Cobaye*. Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

On a longtemps opposé la façon de se comporter du Rat blanc et celle du Cobaye lorsque ces animaux sont maintenus à l'obscurité et soumis à des régimes exclusifs carencés en vitamine D et présentant un déséquilibre phospho-calcique accentué. Alors que le jeune Rat offre rapidement et régulièrement du rachitisme typique, le jeune Cobaye, pris dans des conditions d'âge comparables, se montre réfractaire aux lésions osseuses rachitiques ([1]) en dépit de troubles humoraux identiques ([2]) qui aboutissent à la production de troubles ostéodystrophiques voisins du scorbut ([3]).

A la vérité, comme l'a établi M^lle^ L. Émerique au laboratoire de M. Javillier, le Cobaye peut, comme le Rat, devenir rachitique ([4]); pour l'observer, il suffit de prendre des sujets très jeunes de 100 à 120^g et de les soumettre au régime rachitigène 2965 de Steenbock et Black donné *ad libitum* et complété par une addition quotidienne de 50^g d'épinards frais; la richesse en pro-vitamine A de ceux-ci paraît exagérer les effets de la carence en vitamine D du régime de base, composé de

Semoule de maïs	76
Poudre de gluten	20
Chlorure de sodium	1
Carbonate de calcium	3

Reprenant l'étude de ce problème, nous avons fait les observations suivantes :

Les Rats de 30 à 50^g soumis au régime Steenbock et Black initial n'offrent que peu ou pas de croissance; le rachitisme apparaît cependant avec une grande régularité et, vers le 17^e jour, est tout à fait typique.

([1]) L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 732.
([2]) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 399.
([3]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 442.
([4]) L. Émerique, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 879.

L'addition d'épinards permet une bonne croissance et hâte l'apparition des lésions osseuses, celles-ci se manifestent en une semaine; dans ce cas les résultats sont très comparables à ceux que l'on obtient avec le régime Randoin-Lecoq.

Les Cobayes de 100 à 120^g soumis au régime sans épinards n'offrent que de faibles croissances, mais ne présentent jamais de lésions rachitiques; l'absorption quotitienne de 4$^{cm^3}$ de jus de citron pour combattre un scorbut éventuel est sans effet. Par contre, les Cobayes de même poids recevant le régime Steenbock et Black additionné de feuilles fraîches d'épinards se développent régulièrement et le rachitisme apparaît très net entre le 17^e et le 30^e jour. La croissance se poursuit habituellement jusqu'aux environs de 160 à 180^g, puis les cobayes se cachectisent et meurent au bout de deux mois en présentant des troubles ostéodystrophiques analogues à ceux que nous avions observés antérieurement.

La substitution aux épinards frais d'une poudre d'épinards séchés avec addition de glucides dextrinisés, ne nous a pas permis de produire du rachitisme. Comme cette poudre se montrait par ailleurs une bonne source de pro-vitamine A, nous en déduisons que ce n'est pas l'excès relatif de vitamine A qui doit être retenu comme favorisant l'apparition du rachitisme.

Les maladies par déséquilibres minéraux étant intimement liées aux modifications humorales des dérivés phosphorés, nous avons dosé ceux-ci dans les muscles des Rats et des Cobayes normaux (au régime varié) ainsi que dans le muscle des sujets rachitisés par le régime Steenbock et Black additionné d'épinards frais. Parallèlement, nous avons déterminé la réserve alcaline sur le sang des mêmes animaux. La moyenne des résultats ainsi obtenus (portant chaque fois sur 24 Cobayes et sur un nombre plus grand de Rats) est donnée dans le tableau suivant; les chiffres des composés phosphorés sont exprimés en milligrammes de phosphore % et ceux de la réserve alcaline en centimètres cubes de CO^2 %.

	Cobayes		Rats	
	normaux.	rachitiques.	normaux.	rachitiques.
Orthophosphates	73	75,5	72	79
Acide créatinephosphorique	19	10	15	11
Acide adénylpyrophosphorique	22	19	29,5	19
Esters facilement hydrolysables	21	19	17,5	15
Phosphore total acidosoluble	189	178	191	169
Réserve alcaline	47,3	61,5	43,1	65,3

En accord avec les modifications observées par Duffau dans le muscle

du Rat soumis au régime rachitigène Randoin-Lecoq, le régime Steenbock et Black additionné d'épinards frais entraîne, aussi bien chez le Rat que chez le Cobaye, une augmentation du taux des orthophosphates en même temps qu'une chute du phosphore total acidosoluble et des composés phosphorés labiles [5].

Enfin, l'élévation de la réserve alcaline montre, en confirmation de nos précédentes observations, que l'alcalose joue un rôle important dans l'évolution du rachitisme expérimental.

Conclusions. — Utilisant le régime rachitigène de Steenbock et Black additionné d'épinards frais, nous avons, comme Mlle L. Émerique, obtenu, chez le Cobaye, aussi bien que chez le rat, du rachitisme typique; il ne semble pas cependant que l'exagération du taux de vitamine A en soit la cause, car la poudre d'épinards desséchés riche en pro-vitamine A ne donne pas le résultat attendu.

L'étude comparative du plasma sanguin et des constituants musculaires, chez des Cobayes et des Rats rachitisés à l'aide de ce régime et chez des animaux de même poids recevant une nourriture variée, nous a montré que l'apparition du rachitisme s'accompagne, dans le sang, d'une élévation de la réserve alcaline, et dans le muscle, d'une augmentation du taux des orthophosphates, ainsi que d'une chute du taux du phosphore total acido-soluble et des composés phosphorés labiles.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

---

(5) Duffau, *Thèse Doct. Pharm.*, Paris, 1937, p. 124.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'août 1940.

Itinéraire de Dakar à Douala. (*Observations géographiques et géologiques aériennes*, par P. Legoux. Extrait des *Publications du Bureau d'études géologiques et minières coloniales.*) Paris, au Siège, 1940; 1 fasc. 24cm,5.

Peat and Its Uses, par Selman A. Waksman. New Brunswick, New Jersey Agricultural Experiment Station, 1940; 1 fasc. 23cm.

Cook-Voorhees-Lipman. Contribution of Rutgers to Soil Science. A Century Progress, par Selman A. Waksman. Extrait de *Rutgers Alumni Monthly*, 1939; 1 fasc. 23cm.

Significance of the Constituents of the So-Called Nitrogen. Free extract of Plant Materials as a Source of organic Matter in Soil, par Selman A. Waksman. Extrait de *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists.* New Brunswick, New Jersey Agricultural Experiment Station, 1940; 1 fasc. 23cm,5.

On the Classification of Actinomycetes, par Selman A. Waksman. Extrait de *Journal of Bacteriology.* New Brunswick, New Jersey Agricultural Experiment Station, 1939; 1 fasc. 23cm,5.

Flore de Madagascar (*Plantes vasculaires*). 49e famille. *Orchidées*, par Henri Perrier de La Bathie. Tome I. Tananarive, Imprimerie officielle, 1939; 1 vol. 25cm.

Mesure des trois premiers degrés du Méridien dans l'hémisphère austral, tirée des observations de Mrs de l'Académie royale des sciences, envoyés par le Roi sous l'Équateur, par M. de La Condamine. Paris, Imprimerie royale, 1751; 1 vol. 26cm.

Supplément au Journal historique du voyage à l'Équateur et au livre de la mesure des trois premiers degrés du Méridien, servant de réponse à quelques Observations, par M. de La Condamine. Paris, Durand et Pissot, 1752; 1 vol. 26cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 SEPTEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des carbures aromatiques par extraction au sulfate de méthyle.* Note de M. **Paul Pascal** et de M^lle **Marie-Louise Quinet**.

Parmi les procédés de dosage rapide des dérivés aromatiques dans les mélanges de carbures, on a parfois utilisé leur extraction à l'aide du sulfate diméthylique, comme l'a préconisé Valenta (¹). Ce mode opératoire a déjà été critiqué, d'un point de vue purement technique, en particulier par Graefe (²) et Heilingötter (³), mais il est évident *a priori* que tous les procédés d'analyse par extraction sont exposés à une objection de principe : il n'existe pas de coefficient de partage rigoureusement nul ou infini, surtout quand la substance passée dans le liquide d'extraction est très facilement miscible aux autres constituants. Elle entraîne alors ceux-ci avec elle et les résultats sont faussés.

Pour préciser comment la structure des carbures gras ou aromatiques pouvait intervenir dans cet entraînement, nous avons étudié les conditions de démixtion à $17^\circ \pm 1^\circ$, dans certains mélanges synthétiques de carbures purifiés spécialement, comme le sulfate de méthyle. Les phases en équilibre ont été analysées, soit par voie pondérale en ce qui concerne le sulfate de méthyle, soit par la mesure des indices de réfraction et des densités pour les carbures restants. Pour nous rapprocher des conditions analytiques

---

(¹) *Chemicher Zeitung*, 30, 1906, p. 266.

(²) *Chemische Umschau*, 14, 1907, p. 112.

(³) *Chemicher Zeitung*, 52, 1928, p. 437.

courantes, des volumes égaux de sulfate et de carbures ont été enfin agités jusqu'à l'équilibre et la perte de volume de la couche légère a été déterminée. Ces derniers essais ont été étendus à de très nombreux mélanges, binaires, ternaires et quaternaires, de carbures gras et aromatiques.

En prenant pour variables les pourcentages pondéraux, on peut alors tracer les diagrammes ternaires de démixtion. La figure 1 représente ceux

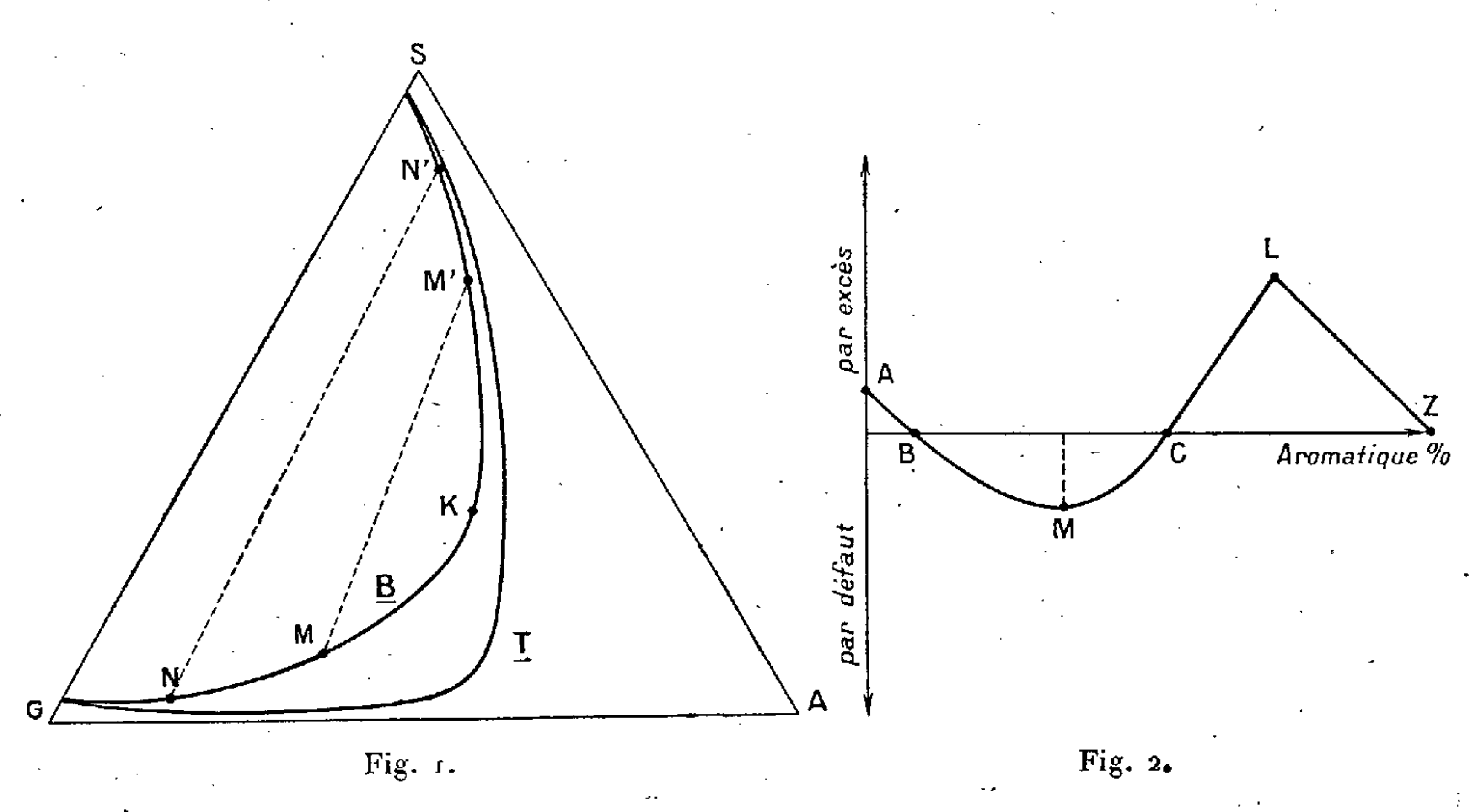


Fig. 1. Fig. 2.

que fournissent les mélanges de l'heptane avec le benzène et le toluène au contact du sulfate de méthyle. S représente le sulfate, G le carbure gras, A le carbure aromatique; l'initiale B ou T désigne la courbe limite des états hétérogènes suivant le carbure aromatique utilisé. La courbe relative au benzène a été précisée par le tracé de deux lignes de points conjugués MM' et NN' et par le point critique K. Ces courbes s'écartent notablement des côtés SA et GA; ainsi, l'extraction par le sulfate de méthyle ne se borne pas au carbure aromatique et une partie de celui-ci reste avec le carbure gras dans la couche légère, où passe d'ailleurs du sulfate de méthyle.

Des procédés graphiques classiques permettent de déterminer les teneurs limites en aromatiques au delà desquelles le sulfate de méthyle est miscible en toutes proportions aux mélanges de carbures (71 % pour le benzène et 76 % pour le toluène) ou encore les teneurs limites au delà desquelles la méthode usuelle d'analyse au sulfate de méthyle donne toujours 100 % d'aromatiques (67,5 % pour le benzène et 71,5 % pour le toluène).

Dans l'hypothèse où les mélanges de liquides ne donnent lieu ni à concentration, ni à dilatation (hypothèse assez bien vérifiée) on peut tracer les mêmes graphiques en prenant des coordonnées volumétriques; les courbes ne diffèrent pas beaucoup des précédentes, mais, par suite de la forte densité du sulfate, les lignes de points conjugués sont rabattues dans la direction de la base GA du triangle.

Nous avons enfin déterminé l'erreur absolue, en plus ou en moins, introduite dans la détermination du pourcentage d'aromatiques, quand on opère l'extraction à l'aide d'un volume de sulfate égal au volume du liquide hydrocarboné (méthode de Valenta).

En prenant pour abscisse le taux réel d'aromatiques, pour ordonnée l'erreur en plus ou en moins, on obtient toujours une courbe du type 2. Au delà de L (abscisse et ordonnée complémentaires à 100) la miscibilité dans le sulfate devient complète; l'erreur varie alors linéairement jusqu'à devenir nulle quand le mélange est purement aromatique.

Pour achever de préciser quelques cas particuliers, nous accentuerons *p*, *h* et *v* les points caractéristiques relatifs aux mélanges contenant du pentane, de l'heptane ou de l'huile de vaseline (poids moléculaire moyen : 340). Les points M correspondant au minimum sont accompagnés en dessous, entre parenthèses, de la valeur correspondante de l'erreur, ici par défaut.

Les points à l'origine A_p, A_h, A_v ont respectivement pour ordonnée 8—3, 8—0, les autres sont définis dans le tableau suivant :

Aromatique du mélange	B_p.	B_h.	B_v.	M_p.	M_h.	M_v.	C_p.	C_h.	C_v.	L_p.	L_h.	L_v.
Benzène	28	35	0	35 (—1,6)	35 (0)	60 (—8)	39	35	83	58	67,5	92
Toluène	12	7	0	20 (—3)	43 (—11)	63 (—20,5)	30	61	90	61,5	72	94
Ethylbenzène	–	4	–	–	43 (—16)	–	–	66	–	–	76,5	–
Triméthylbenzène 1-3-5	5	3	0	54 (—30)	65 (—31)	72 (—35)	78	83	94,5	82	86	95,5
Triméthylbenzène 1-2-4	10	4	0	67 (—32)	73 (—30,5)	70 (—43)	85	93,5	100	88	94	100

L'ensemble de toutes nos déterminations permet d'énoncer les règles générales suivantes :

Le dosage des aromatiques par le sulfate de méthyle aboutit généralement à une sous-estimation, atteignant parfois 50 % de la concentration à apprécier. Dans les mélanges très aromatiques, cependant, on obtient

au contraire un résultat par excès, mais conduisant alors à une erreur relative plus faible.

L'erreur par défaut sur les aromatiques croît toujours quand augmente le nombre de chaînes latérales; son domaine s'étend alors aux fortes concentrations aromatiques. La longueur des chaînes a le même effet que leur nombre; l'isomérie intervient nettement également (voir le tableau). Dans les mélanges d'aromatiques, on observe une grossière additivité des actions individuelles.

L'influence de la nature des carbures paraffiniques se fait sentir également de façon régulière. L'accroissement du poids moléculaire, corrélatif d'une diminution rapide de solubilité dans le sulfate de méthyle, a pour effet d'accroître la valeur et surtout l'étendue de l'erreur par défaut sur les aromatiques. En mélange, les carbures gras présentent des qualités moyennes, mais plus rapprochées de celles des carbures les plus lourds.

Les premiers essais exécutés sur les binaires d'aromatiques et de cycloparaffiniques, ont montré que ces derniers ont surtout pour effet d'accroître le domaine des erreurs par excès; mais, en association ternaire avec les paraffines, ils n'apportent pas de perturbation profonde tant que leur proportion ne dépasse pas 40 %.

Pour les produits industriels courants, contenant moins de 60 à 70 % d'aromatiques, on risque toujours de sous-estimer la proportion de ces derniers, quand on cherche à les doser par le sulfate de méthyle. C'est pour les liquides très aromatiques seulement, ou pour les mélanges très pauvres, que le sens de l'erreur est inversé.

Des détails plus techniques seront donnés dans une autre publication.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle réaction très sensible de l'eau oxygénée.* Note de M. **Georges Denigès**.

Schœnbein a constaté, il y a 80 ans [1], qu'un mélange de ferricyanure de potassium et d'un sel ferrique, additionné d'eau oxygénée, donnait un précipité de bleu de Prusse.

Cette assertion était incompatible avec la théorie de la réaction qu'en donnait son auteur et suivant laquelle H^2O^2 réduisait d'abord le sel ferrique en sel ferreux agissant, dès sa formation, sur le ferricyanure car,

---

[1] *Journ. f. prakt. Chemie*, 79, 1860, p. 67.

dans ce cas, c'est du ferricyanure ferreux (sel de Turnbull) et non du ferrocyanure ferrique (bleu de Prusse) qui devrait se former : or l'analyse prouve que c'est bien ce dernier produit qu'on obtient.

En réalité, c'est le ferricyanure qui est transformé, par H^2O^2, en ferrocyanure et celui-ci agit aussitôt sur le persel de fer.

C. Weltzien ([2]), qui fit le premier ces justes observations, montrait d'ailleurs, en opposition avec les idées de Schœnbein, que les sels ferreux sont, au contraire, oxydés par H^2O^2 qui n'attaque pas les sels ferriques.

De plus, comme l'a fait remarquer de Koninck (*loc. cit.*), beaucoup d'autres substances que H^2O^2 produisent, sur les mélanges d'ion ferricyanhydrique et de ferricum, la même réaction ([3]).

Celle-ci n'est donc nullement spécifique et, en outre, elle n'échappe pas à cette grave objection, soulevée par les recherches de Brodei ([4]), que si, en liqueur alcaline, le ferricyanure est réduit par H^2O^2 en ferrocyanure, une réaction inverse transforme, en milieu acide, le ferrocyanure en ferricyanure.

Il y a donc là des questions d'équilibre, autour de la neutralité, qui interviennent, peuvent troubler la réaction et, aux limites, en rendre parfois douteux les résultats. Au contraire, en milieu alcalinisé, même par l'ammoniaque, la transformation du ferricyanure en ferrocyanure s'accomplit avec une entière régularité.

Tirant parti de ce dernier fait, et aussi de la quasi-insolubilité du ferrocyanure d'argent en milieu ammoniacal où le ferricyanure du même métal est complètement soluble, j'ai réalisé un réactif, d'un emploi très facile, pour déceler d'une manière certaine les moindres traces d'eau oxygénée. Ce réactif est ainsi préparé :

Mettre, dans un petit verre à expérience, V ou VI gouttes d'une solution de nitrate d'argent, à environ 3 %.

Ajouter 2^{cm^3} d'ammoniaque renfermant approximativement 120^g de NH^3, par litre, c'est-à-dire sensiblement 7 fois normale (ou ramenée à ce titre) et agiter. Ajouter,

---

([2]) *Bulletin Soc. chim. de Paris*, 5, 1866, p. 268.

([3]) Schœnbein a donné la valeur 1/50000e de H^2O^2 comme la limite de sensibilité de cette réaction. Cette indication manque tout à fait de précision, car on ne sait à quelle unité se rapporte cette fraction. L.-L. de Koninck, dans son *Traité de Chimie analytique minérale*, 3e édition, 4, p. 46, Liége, 1918, la calcule de telle sorte qu'elle correspondrait à $0^{mg},02$ de H^2O^2, par litre. L'expérience m'a prouvé qu'elle est environ 10 fois plus forte et ne peut guère s'abaisser au-dessous de $0^{mg},2$, par litre.

([4]) *J. Chem. Soc.*, 2e série, 1, 1863, p. 316.

en agitant, 2 gouttes d'une solution à 6 % de ferricyanure de potassium, puis mélanger.

On obtient, de la sorte, un liquide jaune pouvant se conserver plusieurs heures, sans altération.

Pour l'usage, deux cas peuvent se présenter : ou bien l'on veut, immédiatement, identifier une eau oxygénée commerciale, d'un titre compris entre 1 et 20 volumes ou plus, ou bien déceler des traces de ce composé.

Dans le premier cas, on mettra partie ou totalité du réactif dans un tube à essai et on lui ajoutera I ou II gouttes du produit à caractériser, on mélangera rapidement et on laissera reposer : bientôt ([5]) apparaîtra un trouble suivi d'un précipité blanc de ferrocyanure d'argent se présentant au microcospe, à un fort grossissement, sous l'aspect de petits rhombes ou de prismes pyramidaux allongés. Suivant la règle, ces cristaux sont d'autant plus volumineux que le dépôt s'est effectué plus lentement.

Pour des concentrations moindres (descendant de 1 vol. à 0, 1 vol., par exemple) on porterait de I à X le nombre de gouttes du liquide à essayer.

Enfin, s'il s'agissait de très grandes dilutions, à 5^{cm^3} du liquide d'essai, on ajouterait III gouttes du réactif et l'on attendrait quelques minutes. Avec une solution de H^2O^2 à 1^{mg} par litre, on obtient un louche des plus nets au bout de 5 minutes. Après 10 minutes de contact, un louche est encore très apparent avec une solution à $0^{mg},2$, par litre, soit $0^{mg},001$ dans la prise d'essai.

Au bout du même temps, en versant une douzaine de gouttes de réactif dans 20^{cm^3} de la solution à essayer et examinant le mélange sous une épaisseur de 10 à 12^{cm}, un louche très appréciable est obtenu avec $0^{mg},1$ de H^2O^2, par litre.

Au voisinage de ces limites extrêmes, il est bon de comparer l'essai, sous même épaisseur ou incidence et au bout du même temps, avec un témoin préparé avec autant d'eau distillée et de réactif.

Ces conditions remplies, on pourra effectuer, par néphélémétrie, de très bons dosages de traces les plus minimes d'eau oxygénée.

Pour les quantités plus importantes de ce produit, on pourrait procéder par cyanimétrie en titrant, par reste, l'argent non insolubilisé du réactif qu'on préparerait, alors, avec une solution titrée de NO^3Ag et en tenant

([5]) Comme toutes les réactions en deux étapes, celle-ci n'est jamais instantanée.

compte de la réaction

$$2\,FeCy^6K^3 + 2\,NH^4OH + 8\,NO^3Ag + H^2O^2$$
$$\rightarrow 2\,FeCy^6Ag^4 + 6\,NO^3K + 2\,NO^3NH^4 + 2\,H^2O + O^2,$$

d'après laquelle la décomposition d'une molécule d'eau oxygénée entraîne celle de 8 molécules de nitrate d'argent, de telle sorte que 1^{cm^3} de nitrate d'argent déci-normal (insolubilisé à l'état de ferrocyanure d'argent) correspond à $0^{mg},425$ d'eau oxygénée. Il va sans dire que, pour la recherche ou le dosage de ce composé, dans des liquides précipitant par l'ammoniaque, il est indispensable, avant l'essai, de les additionner de cet alcali, jusqu'à cessation de précipité qu'on éliminera par filtration.

Les persulfates sont sans action sur le réactif ferricyanuré argentique. Il n'en est pas de même, on le conçoit aisément, de toute substance, dont les perborates et les percarbonates sont les types, qui, au contact de l'eau, libère plus ou moins facilement de l'eau oxygénée et agit évidemment comme ce composé sur tous ses réactifs, quels qu'ils soient.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe d'équations fonctionnelles.* Note (¹) de M. M. **Ghermanescu**, présentée par M. Paul Montel.

1. Considérons l'équation fonctionnelle

$$\text{(1)} \qquad E[\varphi] = \sum_{i=1}^{n} A_i\,\varphi(x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n, x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}) = 0,$$

ou, plus simplement, $\sum A_i\varphi_i = 0$, avec A_i constant et

$$\text{(2)} \qquad \varphi_i = \varphi(x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n, x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}).$$

A l'étude de (1) rattachons celle de l'équation *caractéristique* correspondante (M. Ghermanescu, *Acta mathematica*, 62, 1934, p. 239-287.

(¹) Séance du 6 mai 1940.

Voir aussi S. Bochner, *ibidem*, 51. Dans ces travaux x est remplacé par e^t).

(3) $$E(x) = A_1 + A_2 x + \ldots + A_n x^{n-1} = 0.$$

Nous avons obtenu le résultat général suivant :

THÉORÈME. — *L'équation fonctionnelle*

(1) $$E[\varphi] = \sum_{i=1}^{n} A_i \varphi(x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n, x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}) = 0,$$

dans laquelle deux au moins des constantes A_i, *réelles ou non, sont différentes de zéro, admet des solutions non identiquement nulles lorsque, parmi les racines de l'équation caractéristique*

(2) $$E(x) = A_1 + A_1 x + \ldots + A_n x^{n-1} = 0,$$

se trouve au moins une racine de $1 - x^n = 0$.

En posant $1 - x^n = D(x)F(x)$, *où* $D(x)$ *est le plus grand commun diviseur des polynomes* $E(x)$, $1 - x^n$, *la solution générale de l'équation fonctionnelle* (1) *est donnée par*

(3) $$\varphi = F[u],$$

u étant une fonction arbitraire.

2. CAS PARTICULIERS. — *a. L'équation fonctionnelle*

(a) $$\varphi_1 = \alpha \varphi_{k+1}$$

admet la solution générale

(a') $$\varphi(x_1, x_2, \ldots, x_n) = u_1 + \alpha^r u_{r+1} + \alpha^{2r} u_{2r+1} + \ldots + \alpha^{(p-1)r} u_{(p-1)r+1},$$

dans laquelle u est une fonction arbitraire, α, *une racine de* $1 - x^k = 0$, *r le plus grand commun diviseur des nombres n et k, avec* $n = rp$.

b. L'équation fonctionnelle

(b) $$\varphi_1 + \varphi_2 + \ldots + \varphi_n = 0$$

admet la solution générale

(b') $$\varphi(x_1, x_2, \ldots, x_n) = u(x_1, x_2, \ldots, x_n) - u(x_2, x_3, \ldots, x_n, x_1),$$

u étant arbitraire.

c. L'équation fonctionnelle

(c) $$E[\varphi] = f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

admet une solution unique lorsque $E(x)$ *est premier avec* $1 - x^n$, *obtenue en*

résolvant le système linéaire

$$E[\varphi_k] = f_k \ (k = 1, 2, \ldots, n),$$

à l'aide de la règle de Cramer.

Lorsque $E(x)$ *et* $1 - x^n$ *ont un plus grand commun diviseur* $D(x)$, f *doit être solution de*

$$F[f] = 0,$$

donc $f = D[u]$ *et, en posant* $E(x) = D(x)D'(x)$, *on est conduit à l'équation*

$$D'[\varphi] = u + F[v],$$

v *étant arbitraire, qui est de la même forme que* (c), *avec* $D'(x)$ *premier avec* $1 - x^n$.

Lorsque A_i sont des fonctions, la résolution des équations fonctionnelles (1) et (c) correspondantes se fait d'une manière analogue que nous exposerons à une autre occasion.

Signalons que, dans le cas $n = 3$, les solutions des équations considérées dans cette Note jouissent de certaines propriétés de symétrie que nous avons déjà exposées dans un autre travail [*Bulletin de la Soc. Math. de France*, 1940 (sous presse)].

PHYSIQUE. — *Sur la loi de variation du pouvoir fluorescent des solutions.* Note [1] de M. **Augustin Boutaric.**

1. Dans l'étude de la fluorescence des solutions, Jean Perrin [2] a introduit la notion féconde de pouvoir fluorescent. Le pouvoir fluorescent rapporté à l'unité de masse de la substance dissoute est une fonction décroissante de la concentration qui, d'après Francis Perrin [3], peut se traduire par une relation de la forme

$$\Phi = \Phi_0 e^{-kc},$$

Φ_0 désignant le pouvoir fluorescent limite relatif à une solution infiniment diluée, dans laquelle une molécule fluorescente activée est suffisamment éloignée de toute autre molécule de la substance fluorescente pour n'éprouver aucune désactivation par induction moléculaire; k représente le coefficient exponentiel d'affaiblissement du pouvoir fluorescent en

(1) Séance du 9 septembre 1940.

(2) *Comptes rendus*, 1923, 177, p. 469.

(3) *Annales de physique*, 1929, 10e série, 12, p. 169.

fonction de la concentration. On peut donner de la loi énoncée par Francis Perrin une justification cinétique extrêmement simple susceptible d'être étendue à l'interprétation de l'influence exercée sur le pouvoir fluorescent par les substances inhibitrices incolores ou colorées prises sous des concentrations variables.

2. Le pouvoir fluorescent rapporté à l'unité de masse doit, d'après la théorie générale de la fluorescence développée par Jean et Francis Perrin, être proportionnel au nombre x des molécules ou des ions activés qui, dans l'unité de temps, se désactivent avec émission de lumière. Pour une intensité déterminée du faisceau excitateur, ce nombre x est seulement fonction de la concentration c des molécules ou des ions de la substance fluorescente dans la solution envisagée. Si, par diminution du volume de la solution contenant l'unité de masse de la substance fluorescente, cette concentration augmente de dc, le nombre de chocs désactivants (chocs de deuxième espèce), augmentera d'une quantité proportionnelle au produit $x\,dc$ et le nombre des molécules ou des ions activés qui sont susceptibles de se désactiver dans l'unité de temps avec émission de lumière éprouvera une variation

$$dx = -kx\,dc,$$

le coefficient de proportionnalité k dépendant de la viscosité du milieu, qui ralentit le mouvement des molécules, ainsi que de la constante diélectrique, dont l'influence peut se faire sentir sur la valeur des forces de répulsion d'origine électrique susceptibles de s'exercer entre les ions de la substance fluorescente.

L'intégration de la relation précédente fournit

$$x = x_0 e^{-kc},$$

x_0 désignant le nombre des molécules ou des ions excités qui, par unité de temps, se désactiveraient avec émission de lumière dans une solution infiniment diluée contenant l'unité de masse de la substance fluorescente.

Le pouvoir fluorescent rapporté à l'unité de masse étant proportionnel à x, on aura de même

$$\Phi = \Phi_0 e^{-kc}.$$

3. Un mode de raisonnement analogue peut être appliqué à l'étude de la désactivation produite par les molécules d'un inhibiteur coloré ou incolore qui, pour être efficaces, doivent parvenir suffisamment près des molécules fluorescentes excitées. En désignant par s la concentration d'un

tel inhibiteur, on aura

$$dx = -hx\,ds,$$

ce qui fournit par intégration

$$x = x_1 e^{-hs},$$

x_1 désignant le nombre des molécules fluorescentes susceptibles de se désactiver par unité de temps avec émission de lumière en l'absence de tout inhibiteur. Comme l'on a

$$x_1 = x_0 e^{-kc},$$

on obtient finalement

$$x = x_0 e^{-kc} e^{-hs}.$$

L'expression du pouvoir fluorescent rapporté à l'unité de masse de la substance fluorescente est ainsi

$$\Phi = \Phi_0 e^{-(kc+hs)}.$$

Les déterminations faites par Jean Bouchard (1) ainsi que les recherches encore inédites de Madeleine Roy montrent effectivement que le pouvoir fluorescent varie exponentiellement en fonction de la concentration de l'inhibiteur utilisé.

OPTIQUE. — *Étude de la fluorescence résultante de quelques mélanges de corps fluorescents.* Note de Mme **Marguerite Héros**, présentée par M. Aimé Cotton.

Si l'on mélange plusieurs corps fluorescents dans un même solvant et dans la même cuve, la fluorescence résultante n'est pas la somme des fluorescences de chacun d'eux ; non seulement chacun d'eux intervient pour affaiblir la lumière excitatrice, mais les deux fluorogènes peuvent influer l'un sur l'autre.

Pour mesurer l'intensité de fluorescence de ces mélanges, j'ai utilisé un dispositif constitué de la façon suivante : la source excitatrice est un arc au mercure horizontal de grand éclat, type Bruhat. Un monochromateur en quartz composé de deux prismes de 30° et de deux lentilles de grande distance focale permet d'exciter les fluorescences par des radiations monochromatiques. Un système de deux cuves placé devant l'une des fentes du monochromateur donne le moyen d'exposer alternativement aux rayons excitateurs, une solution témoin de fluorescéine et la solution à étu-

(1) *Thèse*, Paris, série A, n° 1583, 1935.

dier. La lumière de fluorescence et une partie de la lumière excitatrice passant à travers chacune des solutions sont captées par une cellule photoélectrique au potassium ; celle-ci est précédée d'une lentille ayant à son foyer la source monochromatique et la petite tache fluorescente qu'elle produit dans le voisinage ; de la sorte, la cathode reçoit sur sa surface des rayons à peu près normaux. La lumière de fluorescence étant parfois trop faible pour être décelée par la cellule quand elle est seule, j'ai opéré de la façon suivante : j'ai mesuré d'abord sans employer d'écran, l'ensemble de cette lumière et de la lumière excitatrice ; puis, utilisant un écran absorbant la lumière de fluorescence et transparent pour la lumière excitatrice, j'ai mesuré la lumière excitatrice seule : j'ai pu ainsi déterminer par différence les intensités de fluorescence. Toutes les mesures ont été faites en amplifiant, avec une ou deux lampes, les courants de la cellule.

1° Le mélange de solvants pouvant conduire à la formation de plusieurs sortes de molécules, j'ai tout d'abord étudié séparément les fluorescences des corps purs à étudier (uranine, éosine, érythrosine) dans un même solvant : alcool 1/3, eau 2/3 et soude en petite quantité. Pour chaque corps, les variations des intensités de fluorescence avec les concentrations ont été déterminées, le pH restant ainsi le même pour chacune d'elles ; les fluorescences ont été excitées successivement par les raies 3654, 4046 et 4358 Å. Il était alors facile de voir si la constante K de la loi de l'optimum de fluorescence $I = I_0 Ce^{-KC}$ était susceptible de varier dans ces conditions. Or j'ai trouvé que K varie légèrement, et sa variation avec la concentration C est représentée par la courbe obtenue en faisant la somme des ordonnées des deux hyperboles.

Bouchard [1] a montré que, dans le cas d'un mélange d'un corps fluorescent et d'un inhibiteur, la loi de l'optimum de fluorescence est encore valable à condition de remplacer KC par $hs + kc$ (s concentration de l'inhibiteur et c concentration du corps fluorescent). Or, si l'on pose

$$KC = hs + kc, \qquad \text{avec} \qquad C = s + c,$$

on peut écrire

$$K = \frac{k}{1 + \left(\frac{s}{c}\right)} + \frac{h}{1 + \left(\frac{1}{\frac{s}{c}}\right)},$$

K varie donc également avec s/c suivant une somme d'hyperboles. Nous

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 485 et 1317.

retrouvons donc une loi de variation analogue à celle constatée par Bouchard. J'ai été conduite à l'interpréter en tenant compte de ce que le solvant lui-même est formé d'un mélange et peut donner lieu à la formation de deux sortes de molécules.

2° Ensuite j'ai étudié les mélanges uranine-éosine, uranine-érythrosine dans le même solvant : la concentration de l'un des corps du mélange variant en sens inverse de celle de l'autre. Pour chaque raie excitatrice et pour chaque mélange dans un même solvant, j'ai trouvé que l'intensité de la fluorescence du mélange diffère sensiblement de la somme des intensités de fluorescence de chacun des corps pris dans les mêmes conditions (même solvant et même pH) : il faut introduire un terme correctif auquel on peut donner, suivant la radiation excitatrice, l'une ou l'autre des formes

$$y = A\alpha e^{-\alpha C} + B\beta e^{-\beta C} \quad \text{ou} \quad y = A e^{-\lambda C}\cos(\omega C - \varphi).$$

Je publierai ailleurs les courbes elles-mêmes obtenues expérimentalement.

OPTIQUE. — *Orientation des molécules à longue chaîne par des radiations infrarouges.* Note de MM. **Jean Lecomte** et **Clément Duval**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous donnons dans cette Note un certain nombre de faits qualitatifs relatifs à un phénomène nouveau, produit lorsque des radiations du proche infrarouge irradient des écrans bien choisis.

Le support est constitué par une lame d'acétylcellulose ou de celluloïd sur laquelle on coule une mince couche de gélatine, ou mieux par un film spécial pour radiologie débarrassé de ses sels d'argent par immersion dans le thiosulfate de sodium. Le film gélatiné est plongé pendant 10 minutes dans une solution aqueuse saturée de sulfate de cuivre, puis, après rinçage soigné, dans une solution aqueuse d'hématoxyline à 10^g par litre pendant une heure et enfin, de nouveau pendant 10 minutes, dans la solution initiale de sulfate de cuivre. On réalise ainsi un écran qui ne laisse passer dans la partie visible qu'une faible portion de lumière violette. Initialement, sa transparence dans l'infrarouge proche est élevée.

Le dispositif d'observation est le spectromètre enregistreur imaginé par l'un de nous [1] et convenablement modifié afin d'obtenir pour une longueur d'onde fixe les déviations du spot du galvanomètre et, par suite, les

---

[1] J. Lecomte, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1011.

transmissions relatives sur un support fixe placé à plusieurs mètres de l'appareil.

Suivant le domaine exploré, la source de lumière est tantôt une lampe Nernst, tantôt une lampe à ampoule de verre et de grand éclat, du type *phare code*.

L'écran sensible, à base d'hématoxyline, est placé perpendiculairement au faisceau incident, soit avant le système dispersif, et il reçoit alors le rayonnement global de la source, soit entre le prisme et la pile de Moll, et reçoit alors un rayonnement monochromatique.

Aussitôt après l'irradiation, *la transparence de l'écran diminue*. Le phénomène est sensible surtout pendant les deux premières minutes et il se ralentit beaucoup après un quart d'heure de pose.

Dans le Tableau suivant, qui résume l'une de nos séries de mesures, les nombres de la seconde ligne donnent les transmissions initiales en fonction des longueurs d'onde exprimées en microns; les nombres de la troisième ligne donnent les transmissions correspondantes au bout d'un quart d'heure d'exposition :

0,9	1,0	1,17	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3 microns.
60	80	80	78	72	69	67	63	48 %
40	58	62	68	50	48	48	40	36 %

Le phénomène a pu être suivi jusqu'à 8,2 microns.

Sur un cylindre tournant faisant un tour en un quart d'heure et dont l'axe est parallèle aux déplacements du spot du galvanomètre, nous avons enregistré pour chacune des longueurs d'onde précitées, la variation d'opacité sur des écrans divers; la courbe inscrite a toujours à peu près la même forme et se rapproche beaucoup d'une exponentielle.

Lorsqu'un écran qui a subi l'irradiation et, par suite, dont la transparence a baissé, est abandonné pendant 24 heures dans l'obscurité, *il reprend sa transparence* initiale et subit l'altération signalée indéfiniment. Ce fait exclut déjà une interprétation chimique du phénomène. On aurait pu admettre en effet que l'hématoxyline s'oxyde en hématéine, mais l'écran ne change pas de couleur et, lorsqu'on prépare un support à base de sulfate de cuivre et d'hématéine, on constate qu'il subit aussi le phénomène, mais avec des transparences initiale et finale différentes, pour une même longueur d'onde, de celles fournies ci-dessus. Le phénomène a d'ailleurs lieu lorsque l'écran à hématoxyline est fortement emprisonné à l'abri de l'air entre deux lames de sel gemme.

Il s'agit bien d'un *effet d'infrarouge*, car il a lieu si l'on absorbe, dans le rayonnement incident, les radiations visibles par un verre au manganèse

ou par trois feuilles de cellophane bleu noir. Il semble se produire exclusivement dans le cas des écrans préparés avec des corps contenant le noyau flavonol, plus spécialement les tri et tétrahydroxyflavonols; ainsi, nous l'avons observé dans des préparations à base de sels minéraux (cuivre, chrome, fer, étain etc.) et de brasiline, de brasiléine, de morine etc. L'effet n'est pas modifié lorsque l'écran est irradié préalablement par des rayons ultraviolets (longueur d'onde 3660 Å du mercure), lorsqu'il est préparé dans l'obscurité complète ou bien lorsqu'il est chauffé, par exemple à 50°. Par contre il n'a pas lieu lorsque le colorant est déposé sur gélatine seule, sur verre et gélatine, sur cellophane ou celluloïd ou acétylcellulose pris isolément. Il faut nécessairement réaliser le système acétylcellulose-gélatine-colorant, ce qui laisse supposer que les radiations infrarouges agissent sur le complexe interne de cuivre (ou de chrome, d'étain etc.) avec le flavonol lequel doit être combiné à son tour à la liaison peptidique de la gélatine et aux groupements OH de la cellulose, donnant ainsi des molécules à longue chaîne dont nous n'avons aucune idée. En l'absence de radiations, ces molécules doivent être alignées régulièrement, leur plus grande dimension étant dans le sens du support. Sous l'action des rayons infrarouges, ces mêmes molécules s'orientent de façon à rendre leur plus grande dimension parallèle au flux incident produisant ainsi une opacité partielle, peut-être de la même façon que les feuilles de certains végétaux qui s'orientent suivant la position du soleil ou l'intensité de son rayonnement.

CÉRAMIQUE. — *Sur l'accord des pâtes et des couvertes céramiques en fonction de leurs structures respectives.* Note de M. **René Lecuir**.

Les travaux de Seger [1], Le Chatelier [2], M. Damour [3] et M. Coupeau [4] ont établi que l'accord des coefficients de dilatation d'une pâte et d'une couverte pendant le refroidissement est une condition suffisante pour assurer leur accord ultérieur; la mesure des coefficients de dilatation d'une pâte et d'une couverte données permet de prévoir les chances d'accord de ces deux constituants, mais ne permet pas, naturellement, de déterminer quelle modification de la composition de l'un ou de l'autre est susceptible d'assurer les conditions de cet accord, lorsque celles-ci ne sont pas primitivement réalisées.

---

(1) *Thon-Industriezeitung*, 1882.

(2) *Comptes Rendus*, **111**, 1890, p. 123; *Bul. Soc. Encour.*, 4, **10**, 1895, p. 181.

(3) *Bul. Soc. Encour.*, 5, **2**, 1897, p. 191.

(4) *Bul. Soc. Encour.*, 5, 3, 1898, p. 1274.

Les défauts qui résultent d'un accord imparfait des pâtes et des couvertes céramiques sont la conséquence d'une tension résultant de leur retrait différent. La *tressaillure* est la rupture de la surface de la couverte par des fentes nombreuses; celles-ci sont dues à la tension produite par un retrait de la pâte plus petit que celui de la couverte; *l'écaillage*, dans lequel la couverte se détache par éclats, arrachant souvent la couche superficielle de la pâte, est dû à la tension produite par un retrait de la couverte plus grand que celui de la pâte. Vogt ([5]) écrit sur le retrait de cette dernière : « Il semble possible de conclure que, lorsqu'une matière fusible entre dans la composition d'une pâte et qu'on atteint son point de fusion, l'action chimique qu'elle exerce sur les matières réfractaires avec lesquelles elle se trouve en contact, en change la nature, et qu'en même temps le coefficient de dilatation diminue. »

J'ai cherché, dans une modification des structures respectives de la couverte et de la pâte, le principe d'une méthode systématique permettant de réaliser les conditions d'accord d'une pâte et d'une couverte céramique.

Pour étudier, sur une pâte donnée, l'influence de la structure de l'émail, indépendamment de sa composition chimique, j'ai préparé, à partir de constituants fusibles, des couvertes dont la viscosité varie lentement en fonction de la température; j'ai constaté qu'une telle couverte, à une température T', quoique encore incomplètement fondue, constitue un revêtement céramique, sa structure restant alors hétérogène en raison des composés indissous. Cette couverte ne sera homogène et transparente que vers une température T'' qui, dans mes expériences, a été choisie suffisamment éloignée de T' pour qu'il soit possible d'étudier les propriétés de la couverte dans l'intervalle $T'T''$. Mais cet intervalle a été cependant choisi assez petit pour que, au contraire, la structure de la pâte puisse y être tenue pour constante. Dans ces conditions il est possible d'étudier l'accord de la pâte et de la couverte en fonction d'une seule variable, qui est la structure plus ou moins hétérogène de la couverte. Des expériences répétées montrent que les variations du retrait d'une couverte résultant d'une modification de sa structure sont, en général, suffisantes pour permettre de réaliser l'accord de la pâte et de la couverte, dans un intervalle de température étroit, sans modifier la composition de la pâte.

En outre, lorsqu'une couverte *tressaille* sur une terre donnée, toute modification de sa structure, qui entraîne, pour une même structure de la pâte, une plus grande hétérogénéité de cette couverte, tend à s'opposer à

([5]) *Bul. Soc. Encour.*, 5, 3, 1898, p. 1309.

l'apparition du *tressaillage*. Inversement, lorsqu'une couverte *écaille* sur une terre donnée, toute modification de sa structure, qui entraîne, pour une même structure de la pâte, une plus grande homogénéité de cette couverte, tend à s'opposer à l'apparition de l'*écaillage*.

En pratique la *tressaillure* est le défaut presque inhérent aux couvertes transparentes, alors que l'*écaillage* est celui qui correspond aux couvertes opaques. Suivant les cas, il est alors commode de créer une hétérogénéité dans la masse de la couverte par addition d'un composé qui s'y trouve pratiquement insoluble, ou d'accroître au contraire, son homogénéité par addition d'un fondant, qui joue un rôle de solvant vis-à-vis des autres constituants de la couverte. Dans ces conditions il est possible de réaliser l'accord de la pâte et de la couverte sans modifier la composition de la pâte et les autres données de la fabrication.

Si, cependant, on préfère agir sur la composition de la pâte, ou si, exceptionnellement, cette condition est nécessaire, il est facile cette fois de modifier le retrait de la pâte en fonction de sa composition, sans agir sur aucun autre facteur de la fabrication. A une même température de cuisson, toute addition d'un composé, jouant un rôle de solvant vis-à-vis des autres constituants de la pâte, aura maintenant pour effet d'accroître son retrait, et, par suite, de s'opposer au *tressaillage* de la couverte. Inversement, l'addition d'un composé difficilement attaquable par les constituants de la pâte diminuera son retrait, et par suite s'opposera à *l'écaillage* de la couverte; dans ce dernier cas, il sera préférable, pour diminuer le retrait de la pâte, de recourir à la pâte elle-même vitrifiée et broyée, plutôt qu'à la silice; la silice, en effet, suivant sa proportion et la composition de la pâte, est susceptible de jouer un rôle de fondant (accroissement du retrait de la pâte), ou de subsister à l'état de silice libre (diminution du retrait de la pâte); restant libre, elle laisse aussi la possibilité de variations brusques du retrait quand se produit, au refroidissement, une nouvelle variété de silice.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérie des phtaléine-oximes.*

Note de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Charles Mauguin.

On sait qu'un grand nombre de phtaléines réagissent en milieu alcalin sur l'hydroxylamine pour donner, avec élimination d'eau, des combinaisons colorées que P. Friedländer [1] considérait comme étant des quinone-

[1] *Ber. d. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 172.

oximes (I). Cette hypothèse semblait se justifier par ce fait que, seules sont susceptibles de réagir les phtaléines qui donnent en milieu alcalin des formes quinoniques fortement colorées [2]. Richard Meyer et Kissin [3] proposèrent toutefois la formule (II), et Orndorff [4], la formule (III) généralement acceptée aujourd'hui.

$$C^6H^4 \begin{cases} C \begin{cases} C^6H^4OH \\ = C^6H^4{=}NOH \end{cases} \\ CO^2H \end{cases} \quad \text{(I)}.$$

$$C^6H^4 \begin{cases} C \begin{cases} C^6H^4OH \\ C^6H^4OH \end{cases} \\ C{=}NOH \end{cases} \!\!> O \quad \text{(II)}.$$

$$C^6H^4 \begin{cases} C \begin{cases} C^6H^4OH \\ C^6H^4OH \end{cases} \\ CO \end{cases} \!\!> NOH \quad \text{(III)}.$$

Mais aucun de ces savants n'avait jamais envisagé l'existence de transpositions moléculaires, comme le suggèrent les propriétés curieuses des oximes dérivées de phtaléines amphotères aminophénoliques dont j'ai entrepris l'étude.

Ces phtaléines, que j'ai obtenues, par condensation au moyen d'acide sulfurique, des acides *p*-dialcoylaminobenzoyl-*o*-benzoïques avec des phénols variés, réagissent aisément sur l'hydroxylamine en présence d'un excès de potasse caustique. L'oxime formée reste en solution à l'état de sel et, par acidification au moyen d'un très léger excès d'acide acétique, se précipite sous la forme d'une substance fortement colorée qui, par digestion avec l'alcool bouillant, se transpose en une forme stable de couleur beaucoup plus claire. Le plus souvent j'ai pu obtenir les deux isomères et comparer ainsi leurs propriétés.

Les formes labiles sont de couleur rouge ou orangée. Elles sont très solubles dans l'alcool, l'acétone, les solutions de carbonates alcalins. Leurs isomères stables sont jaunes et ne se dissolvent en général que dans les lessives caustiques. Les deux formes subissent l'hydrolyse par l'acide sulfurique dilué à chaud pour donner, d'une part l'acide dialcoylaminobenzoylbenzoïque et, d'autre part, le dérivé paraaminé du phénol dont on était parti. En raison de leur solubilité dans les solutions de carbonates alcalins, de leur couleur, des circonstances de leur formation, de leur instabilité, il est logique d'attribuer aux isomères labiles des structures quinone-oximes (IV). Leur hydrolyse conduit alors à une phénylhydroxyl-

---

(2) P. Friedländer et Stange, *Ber. d. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 2258; Thiel et Diehl, *Sitzungsber. d. Ges. zur Beförderung der gesamten Naturw. zu Marburg*, 62, 1927, p. 533.

(3) *Ber d. chem. Ges.*, 42, 1910, p. 2828.

(4) Orndorff et Murray, *J. Am. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 689; Orndorff et Yang, *J. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 1926.

amine (VI) qui subit secondairement la transposition classique en para-aminophénol (VII).

Le passage des formes labiles aux formes stables doit être interprété comme étant un remaniement intramoléculaire de ces *quinone-oximes* en 2-*oxyphtalimidines* (V) beaucoup moins colorées à priori. Il est alors permis de supposer que l'action de l'*hydroxylamine* sur les *phtaléines* en général conduit tout d'abord à la *quinone-oxime* correspondante, et que, si dans le cas de la *phénolphtaléine* par exemple, il n'a été isolé qu'une seule combinaison à laquelle il est convenu d'attribuer la formule d'une 2-*oxyphtalimidine* (III), c'est que la vitesse de transposition est trop grande, lors de la précipitation du produit, pour qu'on puisse saisir le terme *quinone-oxime* (I) intermédiaire.

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}C\left\langle\begin{array}{l}PhN\,(Alcoyl)^2\\ Ph'{=}NOH\end{array}\right.\\ CO^2H\end{array}\right. \quad \text{(IV).}$$

$$C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}C\left\langle\begin{array}{l}PhN\,(Alcoyl)^2\\ Ph'OH\\ NOH\end{array}\right.\\ CO\diagup\end{array}\right. \quad \text{(V).}$$

$$Ph'NHOH \;\text{(VI).} \quad \rightarrow \quad Ph'\left\langle\begin{array}{l}NH^2_{(4)}\\ OH_{(1)}\end{array}\right. \;\text{(VII).}$$

Partie expérimentale. — *Thymoldiméthylanilinephtaléine* (VIII), préparée par condensation de l'acide *p-diméthylaminobenzoyl*-o-*benzoïque* avec le *thymol*, F. 208°-209° (déc.); *oxime quinonique*, poudre orange se décomposant vers 160°; forme 2-*oxyphtalimidine*, cristaux jaune clair se décomposant à 215°-220°, les deux formes s'hydrolysant en 4-*aminothymol*, F. 178°-179°.

Thymoldiéthylanilinephtaléine, F. 218°; *oxime quinonique*, n'a pu être isolée à l'état pur, par suite de sa transposition rapide; *isomère*, cristaux jaune citron se décomposant à 190°-195°.

Carvacroldiméthylanilinephtaléine (IX), F. 170° (ramollissement préalable); *oxime quinonique*, rouge orangé, se décompose vers 155°; *isomère*, cristaux jaunes se décomposant à 190°-195°.

Résorcinediméthylanilinephtaléine (X), F. 175° (ramollissement préalable); *oxime quinonique* rouge brique, se décompose au-dessus de 140°; *isomère* ocre clair, F. 184° (déc.), également soluble dans le carbonate de soude, sans doute en raison de la présence de deux hydroxyles phénoliques.

(VIII)
$$\begin{array}{c}CO\\ C^6H^4\langle\quad\rangle O\\ (CH^3)^2NH^4C^6-C-C^6H^2(OH)_4(CH^3)_2[CH(CH^3)^2]_5\end{array}$$

(IX)
$$\begin{array}{c}CO\\ C^6H^4\langle\quad\rangle O\\ (CH^3)^2NH^4C^6-C-C^6H^2(OH)_4(CH^3)_3(C^3H^7)_6\end{array}$$

(X)
$$\begin{array}{c}CO\\ C^6H^4\langle\quad\rangle O\\ (CH^3)^2NH^4C^6-C-C^6H^3(OH)^2_{(2-4)}\end{array}$$

En résumé, il est montré : *a.* que les phtaléines aminées du type de celles étudiées ci-dessus se combinent à l'hydroxylamine, ce qui est une preuve qu'en milieu alcalin, elles prennent une structure quinonique; *b.* que les *oximes* ainsi obtenues existent sous deux formes dont l'isomérie semble pouvoir s'expliquer par une transposition moléculaire d'un type nouveau.

ZOOLOGIE. — *Faune mammalienne des îles littorales atlantiques.* Note [1] de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Aucune étude, malgré son double intérêt faunistique et biogéographique, n'a été jusqu'à ce jour consacrée au peuplement mammalien des îles bordant le littoral atlantique français. Cette étude a été poursuivie par nos soins sur les Iles : Oléron, Ré, Yeu, Noirmoutier, Belle-Ile. Le peuplement mammalien de chacune d'elles présente un facies particulier. Toutefois, le caractère commun à ces îles, comme à tout milieu insulaire, est l'appauvrissement de la faune, réduite à quelques espèces, du fait des conditions biologiques et de la concurrence entre espèces qui ne peuvent coexister sur des surfaces restreintes.

Belle-Ile. — Située à 16^{km} de la presqu'île de Quiberon, elle en est séparée par des fonds d'une vingtaine de mètres. Le socle de schistes granitiques de Belle-Ile constitue un sous-sol imperméable et les eaux de précipitation entretiennent l'humidité constante du sol, condition favorable à trois Mammifères hygrophiles signalés plus loin : Taupe et deux formes spéciales de Campagnol et de Musaraigne. Les landes d'Ajoncs sont entrecoupées de vallées à ruisselets, pérennes pour la plupart, bordés de Saules et serpentant parmi des prairies naturelles. Ce milieu primitif convient au Campagnol et à la Musaraigne, du fait des espèces arborescentes et arbustives qui le composent. L'Homme est venu lui substituer en maints endroits des cultures et des boisements artificiels.

Les Mammifères autochtones, en dehors des Chéiroptères, sont : Lièvre, Lapin, Hérisson, deux Musaraignes (*Crocidura russula* et une forme spéciale le *Sorex minutus*), Taupe, une forme spéciale de Campagnol (*Clethrionomys glareolus*); Mulot. La présence d'une Belette nous a été signalée, mais nous n'avons pu obtenir ni voir de spécimen. La forme à laquelle pouvait appartenir le Lièvre autochtone ne saurait être précisée, du fait d'apports

---

[1] Séance du 9 septembre 1940.

récents du Continent par les soins des Sociétés de chasse. Le Lapin, le Hérisson, *Crocidura* et la Taupe ne diffèrent en rien des spécimens du Continent. La présence de ces espèces banales, peu difficiles quant aux conditions du milieu, se constate de même sur la plupart des îles océanes et anglo-normandes. Le Mulot s'apparente aux petites formes du groupe *sylvaticus*; il est toutefois d'une taille légèrement supérieure à celle des spécimens de la Bretagne continentale et mériterait peut-être de constituer une race spéciale.

Il est beaucoup plus remarquable de trouver dans l'île un Campagnol, du genre *Clethrionomys* essentiellement inféodé aux milieux forestiers. On en connaît toutefois des représentants à Jersey, à l'île Skomer (mer d'Irlande) et dans certaines Hébrides, où le milieu forestier est réduit ou inexistant. Tandis qu'il s'agit là de formes de grande taille, voire même géantes, à Belle-Ile au contraire, nous trouvons un animal à dimensions normales, qui s'apparente au groupe *glareolus*. Il constitue toutefois une forme spéciale, *Clethrionomys glareolus insulæ-bellæ*, nov. sp., caractérisée par rapport à *glareolus* du continent par une pigmentation mélanique du tégument et des phanères, ainsi que par des dimensions supérieures de la queue et du pied.

La présence d'un représentant de *Sorex minutus* est remarquable, elle aussi. L'espèce, quoique très largement répandue en Asie et en Europe, est toujours d'une faible densité par rapport à son congénère *Sorex europæus*. On n'en connaissait jusqu'ici aucun représentant insulaire, tant dans la Manche que dans l'Atlantique. Il s'agit au surplus d'une forme spéciale, *Sorex minutus insulæ-bellæ*, nov. sp., caractérisée par rapport à *minutus* par une pigmentation rouge plus accentuée de la denture, ainsi que par des dimensions supérieures de la queue et du pied. Le fait est d'autant plus curieux que *Sorex minutus*, dans son immense aire de répartition, ne varie pour ainsi dire pas. La variation de sa forme insulaire se réalise dans le même sens que celle du Campagnol, quant aux dimensions de la queue et du pied, ce qui autorise à noter une variation parallèle chez le Rongeur et chez l'Insectivore.

La faunule mammalienne de Belle-Ile apparaît comme une faune résiduelle de la faune continentale bretonne, mais d'origine assez récente. Contrairement à ce qui a été établi pour Jersey et Guernesey, Belle-Ile ne renferme aucune relicte de la période pléistocène. La présence de deux formes spéciales : Campagnol et Musaraigne, non encore décrites, apporte une contribution nouvelle à la faune mammalogique française. La diffé-

renciation de ces formes à partir de souches continentales rentre dans la loi de ségrégation jouant sur les périmètres insulaires.

GÉNÉTIQUE. — *Le dimorphisme sexuel chez* Gryllus campestris *L.*, Gr. bimaculatus *de Geer et leurs hybrides réciproques*, ♀ *C* × ♂ *B et* ♀ *B* × ♂ *C*. Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le dimorphisme sexuel est bien apparent chez les Gryllides, puisqu'il se traduit chez le mâle par des élytres différenciés en appareils stridulants et, chez la femelle, par la présence d'un oviscapte, organe de ponte. Mais l'étude biométrique des Grillons des deux sexes montre que les proportions du corps sont, elles aussi, très différentes entre les ♂ et les ♀. Ce dimorphisme structural se manifeste : 1° par des différences de grandeurs relatives de certains caractères métriques, et 2° par des divergences de leurs potentialités de développement, qui se traduisent par l'inégalité de leurs coefficients de variabilité différentielle, ou relative [1].

Les rapports (♂ : ♀), (I) entre les grandeurs des mêmes caractères chez les mâles et les femelles, et (II) entre leurs coefficients de variabilité différentielle, sont calculés pour 1499 Grillons et représentés, multipliés par 100, sur le diagramme ci-dessous.

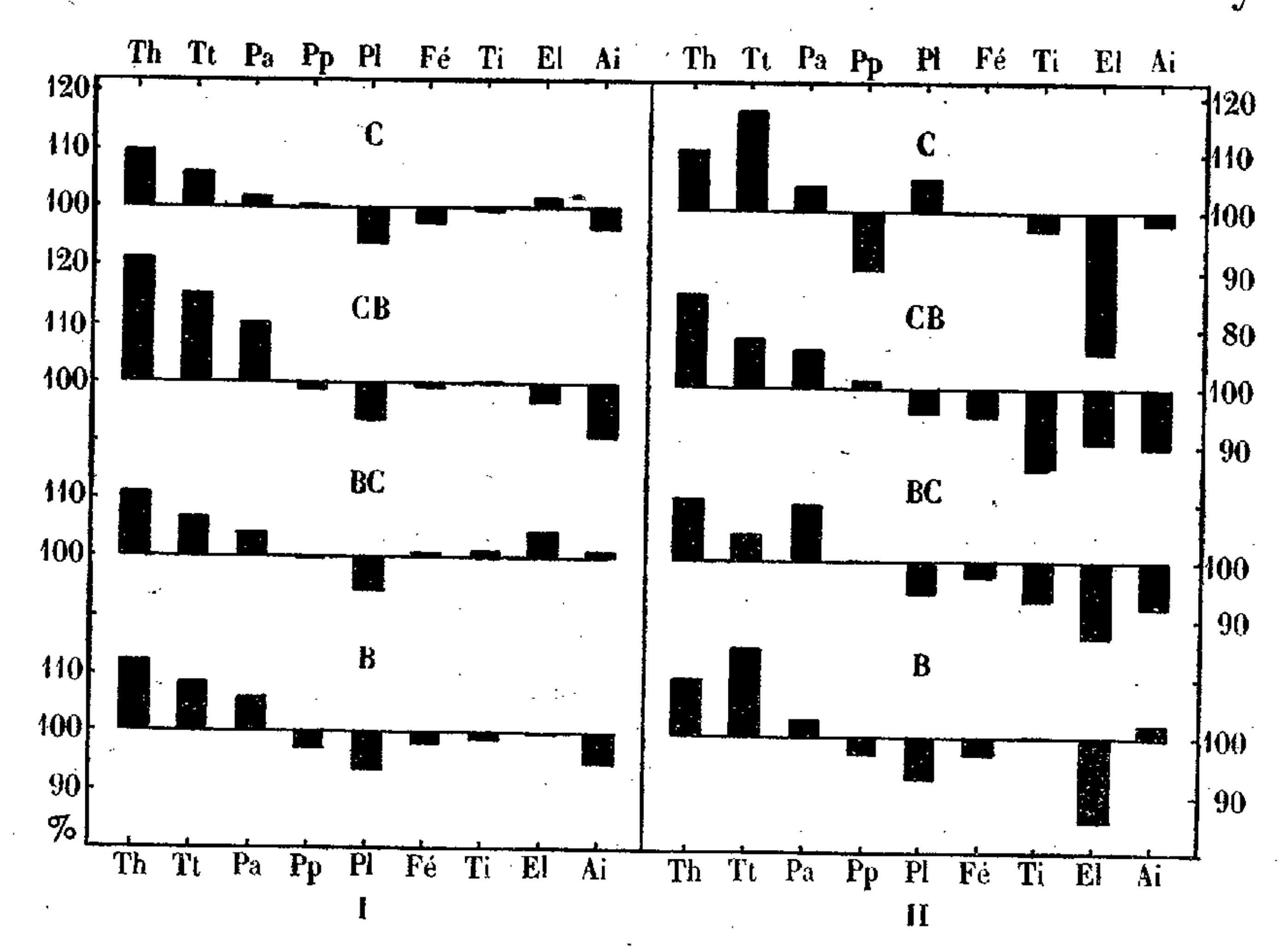
En abscisses sont portés 9 caractères : *Th*, *Tt*, hauteur et largeur de la tête; *Pa*, *Pp*, *Pl*, largeurs antérieure et postérieure, puis longueur du pronotum; *Ai*, *El*, longueurs des ailes et des élytres; *Fé*, *Ti*, longueurs des fémurs et tibias postérieurs; *Ta*, longueur de la tarière. Les ordonnées au-dessus de 100 relèvent des caractères ou des coefficients dont les valeurs sont plus grandes chez les ♂ que chez les ♀ et, inversement, les ordonnées au-dessous de 100 indiquent des valeurs des caractères ou coefficients plus élevés chez les ♀ que chez les ♂. La hauteur des ordonnées représente la grandeur % de cette prédominance.

I. Les données numériques relatives aux *caractères métriques* montrent que le dimorphisme sexuel offre une grande similitude chez les espèces *C* et *B*. Les plus grandes différences d'un sexe à l'autre portent surtout sur cinq caractères : *Th*, *Tt* et *Pa*, qui sont plus grands chez les ♂ que chez les ♀, alors que *Pl* et *Ai* sont plus grands chez les ♀ que chez les ♂. Chez l'espèce *C*, pour des tailles sensiblement égales entre individus des deux sexes, on constate que les caractères *Th*, *Tt* et *Pa* sont respectivement de 10, 5 et 2 % plus grands, et que *Pl* et *Ai* sont, au contraire, de 6 et 4 % plus petits chez les ♂ que chez les ♀. Chez l'espèce *B*, le dimorphisme

(1) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 635 et 707; **211**, 1940, p. 113 et 141.

sexuel est légèrement plus prononcé, que chez l'espèce *C*, puisque les trois caractères antérieurs *Th*, *Tt*, *Pa* sont de 12, 8 et 6 % plus grands, et que les deux caractères *Pl* et *Ai* sont de 7 et 6 % plus petits chez les ♂ que chez les ♀.

Ces mêmes caractères demeurent des variants sexuels chez les hybrides,



mais, à taille sensiblement égale, l'amplitude du dimorphisme est beaucoup plus grande chez l'hybride *CB* que chez les espèces parentes *C* et *B*. Ainsi, *Th*, *Tt* et *Pa* sont respectivement de 21, 15 et 10 % plus grands et *Pl* et *Ai* de 7 et 10 % plus petits chez les ♂ que chez les ♀. Quant à l'hybride réciproque *BC*, son dimorphisme sexuel est intermédiaire entre les grandeurs du dimorphisme sexuel de *C* et de *B* : soit des valeurs de 11,6 et 4 % plus grandes pour *Th*, *Tt* et *Pa*, et de 6 % plus petites pour *Pl*, chez les ♂ que chez les ♀. Par contre, les ailes de cet hybride sont semblables dans les deux sexes. Les deux catégories d'hybrides se distinguent encore par une autre particularité : alors que *C* et *B* ne présentent pas de dimorphisme sexuel pour la longueur des élytres, *CB* et *BC* sont légèrement dimorphiques pour ce caractère, mais leur dimorphisme est en sens inverse. Par rapport aux ♀, *El* est environ de 4 % plus grand chez les ♂ *BC* et de 4 % plus petit chez les ♂ *CB*.

II. Les données relatives aux *coefficients de variabilité différentielle* montrent que, d'un sexe à l'autre, certains organes présentent plus ou moins de possibilités de développement relatif des caractères allométriques.

Dans l'ensemble, on constate que, chez les espèces parentes, les ♂ ont des coefficients plus élevés que les ♀ pour les variants sexuels et, parmi ceux-ci, les caractères de la tête, et spécialement *Tt*, sont fortement dimorphiques : *Tt* avec 16 % environ et *Th* avec 10 % en faveur des ♂.

Chez les hybrides *CB* et *BC* les rapports des coefficients de variabilité différentielle ♂ : ♀ sont également plus élevés chez les ♂ que chez les ♀, pour la partie antérieure du corps. Ainsi les caractères *Th*, *Tt* et *Pa* ont, chez les ♂, des potentialités de développement qui dépassent respectivement celles des ♀ de 16, 8 et 6 %, pour *CB*, et de 11, 4 et 10 %, pour *BC*. Les coefficients de tous les autres caractères (à l'exception toutefois de *Pl* chez *C*) sont plus élevés chez les ♀. La plus grande différence de potentialité de développement entre les sexes revient aux élytres : chez *C*, *B*, *CB* et *BC*, elle est respectivement de 24, 14, 10 et 13 % moins élevés chez les ♂ que chez les ♀. Deux autres caractères, *At* et *Ti*, qui se différencient fort peu d'un sexe à l'autre chez les espèces parentes *C* et *B*, tendent, au contraire, à accentuer le dimorphisme sexuel chez les hybrides. En effet, les écarts en faveur des femelles sont respectivement de 10 et 14 % pour *CB* et de 8 et 7 % pour *BC*.

En comparant les rapports : d'une part, entre les caractères, et, d'autre part, entre les coefficients de variabilité différentielle, on constate 1° qu'il y a corrélation entre ces deux catégories de rapports; 2° que, pour la partie antérieure du corps, les deux catégories de rapports sont au-dessus de 100, donc en faveur des ♂ et, inversement, au-dessous de 100, donc en faveur des ♀, pour divers appendices. Ainsi, chez les grands individus, les différences s'amplifient entre ♂ et ♀, les premiers, développant une tête relativement de plus en plus grosse, les secondes des pattes, ailes et élytres de plus en plus longs. Donc, avec l'augmentation de la taille, le dimorphisme sexuel s'accentue, comme on a vu précédemment s'accentuer, dans le même sens, le dimorphisme interspécifique. On peut en conclure que, lorsque l'évolution de deux espèces voisines porte sur l'accroissement des proportions, ce qui est une règle habituelle, on doit constater, non seulement une divergence progressive des deux souches, mais encore une accentuation progressive du dimorphisme des variants sexuels chez ces deux espèces, ainsi que chez leurs hybrides.

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 SEPTEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les points où une fonction analytique est égale à une fonction algébrique*. Note de M. **PAUL MONTEL**.

1. Soit $F(x, y)$ un polynome en x et y dont le degré m est au moins égal à trois. L'équation

$$F(x, y) \equiv A_0(x)y^m + A_1(x)y^{m-1} + \ldots + A_{m-1}(x)y + A_m(x) = 0 \qquad (m \geqq 3)$$

définit une ou plusieurs fonctions algébriques $y(x)$ dont le nombre total des déterminations est supérieur ou égal à trois. Désignons par $f(x)$ une fonction méromorphe dans un domaine (D) et différente de $y(x)$ en tout point de ce domaine. On peut établir le théorème suivant :

Les fonctions $f(x)$, méromorphes et différentes de $y(x)$ en tout point d'un domaine (D), *forment une famille normale dans l'intérieur de ce domaine.*

Si les fonctions sont holomorphes, il suffit de supposer que m est au moins égal à deux.

On ne peut remplacer dans cette proposition les nombres trois ou deux par des entiers plus petits.

2. *Une fonction méromorphe autour d'un point singulier essentiel isolé prend une infinité de fois les valeurs de toute fonction algébrique admettant au moins trois déterminations.*

Si l'on suppose

$$F(x, y) \equiv (y-a)(y-b)(y-c),$$

a, b, c désignant des constantes différentes, on retrouve le théorème de M. Picard.

Une fonction holomorphe autour d'un point singulier isolé prend une infinité de fois les valeurs de toute fonction algébrique admettant au moins deux déterminations.

3. Une fonction entière, toujours différente d'une fonction algébrique à deux déterminations au moins, se réduit à un polynome. Appelons *polynome exceptionnel* relativement à $F(x, y)$ tout polynome toujours différent de $y(x)$ à distance finie ou coïncidant avec une branche de la fonction algébrique. Pour $m > 2$, il n'existe pas de polynome exceptionnel en général.

Le nombre maximum des polynomes exceptionnels relativement à $F(x, y)$ *est égal à m sauf dans un cas unique où* $F(x, y)$ *est un polynome à coefficients constants par rapport à la variable* $y - P(x)$, $P(x)$ *désignant un polynome. Dans ce dernier cas, tout polynome de la forme* $P(x) + const.$ *est exceptionnel.*

Soient $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_m$ les degrés des polynomes $A_0(x), A_1(x), \ldots, A_m(x)$. Construisons le polygone de Newton relatif aux points (i, α_i). Le degré de tout polynome exceptionnel est égal à la pente d'un côté de ce polygone.

Nous dirons que $F(x, y)$ est un *polynome ordinaire* ou un *polynome singulier* suivant que ce polynome admet un nombre fini ou nul de polynomes exceptionnels ou qu'il en admet une infinité.

4. Nous pouvons maintenant énoncer une proposition donnant une extension du théorème de Landau.

Soit $f(x)$ *une fonction holomorphe pour* $|x| < R$ *et différente dans ce cercle de la fonction algébrique définie par le polynome* $F(x, y)$:

1° *Si* $F(x, y)$ *est un polynome ordinaire et si* $f(0) = a_0$ *a une valeur fixe différente des coefficients constants des polynomes exceptionnels, les nombres* R *ont une limite supérieure finie* $R_0(a_0)$ *qui ne dépend que de* a_0.

2° *Si* $F(x, y)$ *est un polynome singulier et si* $f(0) = a_0$ *et* $f'(0) = a_1$ *sont des nombres fixes dont le second est différent de la valeur* $P'(0)$ *relative aux polynomes exceptionnels* $P(x) + \text{const.}$, *les nombres* R *ont une limite supérieure finie* $R_0(a_0, a_1)$ *qui ne dépend que de* a_0 *et* a_1.

Dans certains cas, on peut laisser arbitraires a_0 et a_1; R_0 est alors une constante ne dépendant que de $F(x, y)$.

Au nombre R_0 correspond toujours au moins une fonction $f_0(x)$, appartenant à la famille $f(x)$, qui cesse d'être holomorphe pour $|x| = R_0$ ou est égale à la fonction algébrique en un point au moins de cette circonférence.

Si $F(x, y)$ se réduit au polynome singulier $(y - a)(y - b)$, a et b

désignant deux constantes différentes, on prendra a_0 et a_1 fixes et $a_1 \neq 0$. C'est le théorème classique.

Si $F(x, y)$ se réduit à $y^2 - x$, il n'y a pas de polynome exceptionnel; il suffit de donner à a_0 une valeur fixe arbitraire.

Si $F(x, y)$ se réduit à $xy^2 - x^2 - 1$, tous les coefficients de $f(x)$ peuvent varier; R_0 est une constante numérique.

Enfin, dans le second cas, le théorème demeure exact en remplaçant a_1 par $a_p (p > 1)$, le nombre fixe a_p étant différent de la valeur $P^{(p)}(0)/p!$. Dans ce même cas, on peut aussi laisser fixes les valeurs de $f(x)$ en deux points fixes x_1 et x_2 pourvu que l'on ait

$$f(x_1) - f(x_2) \neq P(x_1) - P(x_2).$$

5. *Les fonctions $f(x)$, holomorphes dans le cercle-unité, prenant à l'origine une valeur fixe ou bornée et différentes d'une fonction algébrique à deux déterminations au moins, sont uniformément bornées dans tout cercle intérieur.*

C'est une extension du théorème de Schottky.

6. Les seules fonctions méromorphes dans le plan ouvert et toujours différentes d'une fonction algébrique à trois déterminations au moins sont des fractions rationnelles. Appelons *fraction rationnelle exceptionnelle* relativement à $F(x, y)$, une fraction possédant cette propriété ou confondue avec une branche de la fonction algébrique définie par $F(x, y)$. Il peut exister un nombre fini ou nul ou une infinité de telles fractions. $F(x, y)$ sera encore appelé polynome ordinaire dans le premier cas et polynome singulier dans le second.

On peut établir les propositions suivantes :

Soit $f(x)$ une fonction méromorphe pour $|x| < R$ et différente d'une fonction algébrique à trois déterminations au moins définie par le polynome $F(x, y)$:

1° *Si $F(x, y)$ est un polynome ordinaire et si $f(0) = a_0$ est un nombre fixe différent des valeurs à l'origine des fractions exceptionnelles, les nombres R ont une limite supérieure finie $R_0(a_0)$ qui ne dépend que de a_0.*

2° *Si $F(x, y)$ est un polynome singulier et si $f(0) = a_0$, $f'(0) = a_1$ sont des nombres fixes dont le second est différent des valeurs à l'origine des dérivées premières des fractions exceptionnelles, les nombres R ont une limite supérieure finie $R_0(a_0, a_1)$ qui ne dépend que de a_0 et a_1.*

Il existe une fonction méromorphe au moins $f_0(x)$ appartenant à la famille $f(x)$ qui cesse d'être méromorphe pour $|x| = R_0$ ou est égale à la fonction algébrique en un point de cette circonférence.

Lorsque $m \geqq 3$, les degrés des fractions exceptionnelles sont bornés. Au lieu de fixer a_1 ou a_p, on peut fixer la valeur non nulle du module d'un déterminant de la forme

$$\begin{vmatrix} a_p & a_{p+1} & \ldots & a_{p+q} \\ a_{p+1} & a_{p+2} & \ldots & a_{p+q+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ a_{p+q} & a_{p+q+1} & \ldots & a_{p+2q} \end{vmatrix}$$

p et q désignant des entiers fixes dont le second est assez grand.

7. *Soit $f(x)$ une fonction méromorphe dans le cercle-unité, prenant au centre une valeur a_0 fixe ou bornée et différente d'une fonction algébrique à trois déterminations au moins. Il existe un nombre $\rho \leqq 1$ tel que toutes les fonctions $f(x)$ soient holomorphes pour $|x| < \rho$. Ces fonctions sont uniformément bornées dans tout cercle concentrique de rayon inférieur à ρ.*

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la théorie du tétraèdre.*
Note de M. **Paul Delens**, transmise par M. Élie Cartan.

Soient un tétraèdre $\mathfrak{T} \equiv ABCD$ et un quadruple hyperboloïdique de droites JM_J ($J = A, B, C, D$) issues des sommets J de $\mathfrak{T}$, dont les points M_J sont les traces sur les faces opposées. Ce quadruple détermine une quadrique φ circonscrite à $\mathfrak{T}$ *et une quadrique* P′ *inscrite, les points de contact étant les* M_J.

Les équations, ponctuelle de φ, tangentielle de P′, étant écrites dans les systèmes correspondants de coordonnées tétraédriques x_J, u_J, on établit (et les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil) qu'il est possible de ramener *simultanément* les matrices des polarités φ et P′ aux formes caractéristiques respectives

$$\begin{pmatrix} 0 & m_3 & m_2 & m_1 \\ m_3 & 0 & m_1 & m_2 \\ m_2 & m_1 & 0 & m_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{pmatrix} 0 & \xi_3 & \xi_2 & \xi_1 \\ \xi_3 & 0 & \xi_1 & \xi_2 \\ \xi_2 & \xi_1 & 0 & \xi_3 \\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & 0 \end{pmatrix}$$

par le passage à un système privilégié de coordonnées *principales* X_J, U_J. Les quadriques φ et P′ sont ainsi incorporées aux réseaux linéaires, ponctuel $\{\chi\}$ et tangentiel $\{Q'\}$, de quadriques conservées par les

inversions tétraédriques entre points ou plans, $X_j X'_j =$ const. pour $\{\chi\}$, $U_j U'_j =$ const. pour $\{Q'\}$.

Le quadruple hyperboloïdique de droites $J\overline{M_j}$, complémentaire du premier sur la quadrique φ, détermine encore avec celui-ci un quadruple hyperboloïdique de droites $M_j\overline{M_j}$ situées dans les faces de $\mathfrak{T}$. Les ternes de valeurs ξ_i et m_i ($i = 1, 2, 3$) convenablement ordonnées d'après les tableaux précédents sont, dans chaque face de $\mathfrak{T}$, des systèmes de coordonnées principales des points M_j et des droites $M_j\overline{M_j}$.

J'ai été conduit à ces résultats par mes études antérieures sur la géométrie du tétraèdre et une remarque à ce sujet de M. V. Thébault (*Mathesis*, 54, 1940, p. 95). Il y s'agissait d'abord de coordonnées principales *métriques*, mais la théorie projective que je viens d'esquisser a les mêmes bases que dans ce cas particulier et conduit, semble-t-il, à un principe général de coordination des propriétés du tétraèdre. Elle rattache au système de coordonnées convenable, à ses point et plan-unité, des quadruples de points ou de droites du tétraèdre, ainsi *solidaires* par situation hyperboloïdique, permettant une liaison nouvelle entre les géométries du triangle et du tétraèdre.

Cette liaison est facilitée par la représentation des quadruples précédents de points ou de droites par un point (ξ) ou une droite (m) d'un triangle associé au tétraèdre; on y suit facilement, à l'aide des inversions triangulaires, les chaînes de quadruples hyperboloïdiques qui découlent de la situation indiquée des quadriques φ et P′, ou de la situation dualistique. En effet, la droite (m) représente encore φ ou la conique, circonscrite au triangle associé, qui lui correspond; le point (ξ) représente P′ ou une conique inscrite correspondante; et l'incidence du point (ξ) et de la droite (m) traduit l'apolarité des quadriques ou coniques précédentes. Sans doute cette représentation permettra-t-elle aussi le choix des grandeurs fondamentales du tétraèdre à attacher au système de coordonnées adopté, comme je l'ai fait dans le cas des coordonnées principales métriques.

ÉLASTICITÉ. — *Milieux homogènes isotropes en rotation uniforme autour d'un axe et dans lesquels il n'existe pas de tension sur des sections orthogonales à cet axe. Problème de la meule.* Note [1] de M. **Charles Platrier**.

Je me propose, avec les mêmes notations que dans une Note antérieure [2], d'étudier ici l'équilibre relatif des mêmes milieux animés d'une

---

[1] Séance du 9 septembre 1940.
[2] *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 177.

rotation autour d'un axe Oz perpendiculaire aux sections planes sur lesquelles il n'existe pas de tension.

Soient ρ la densité du milieu et ω la rotation uniforme; je cherche une solution telle que $T_1 = T_2 = N_3 \equiv 0$, d'où N_1, N_2, $N = N_1 + N_2$ et T_3 doivent satisfaire aux huit équations indéfinies

$$\frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial T_3}{\partial y} + \rho\omega^2 x = 0,$$

$$\frac{\partial T_3}{\partial x} + \frac{\partial N_2}{\partial y} + \rho\omega^2 y = 0,$$

$$\Delta N_1 + \frac{2(\lambda+\mu)}{3\lambda+2\mu}\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{2(\lambda+\mu)}{\lambda+2\mu}2\rho\omega^2 = 0,$$

$$\Delta N_2 + \frac{2(\lambda+\mu)}{3\lambda+2\mu}\frac{\partial^2 N}{\partial y^2} + \frac{\lambda}{\lambda+2\mu}2\rho\omega^2 = 0,$$

$$\frac{2(\lambda+\mu)}{3\lambda+2\mu}\frac{\partial^2 N}{\partial z^2} + \frac{\lambda}{\lambda+2\mu}2\rho\omega^2 = 0,$$

$$\frac{\partial^2 N}{\partial z\,\partial y} = \frac{\partial^2 N}{\partial z\,\partial x} = 0,$$

$$\Delta T_3 + \frac{2(\lambda+\mu)}{3\lambda+2\mu}\frac{\partial^2 N}{\partial y\,\partial x} = 0.$$

En résolvant ce système d'équations, par une méthode déjà exposée dans la Note précitée, on trouve que, H étant la fonction de x, y, z,

$$H(x, y, z) = f(x, y) + z\,a(x, y) - \frac{\lambda}{3\lambda+2\mu}b(x, y)\frac{z^2}{2} - 2\rho\omega^2\frac{\lambda}{\lambda+2\mu}\frac{z^2(x^2+y^2)}{4}$$

et a, b, f trois fonctions de x et y satisfaisant aux relations

$$\Delta' a = 0, \qquad \Delta' b + \frac{3\lambda+2\mu}{2(\lambda+\mu)}2\rho\omega^2 = 0, \qquad \Delta' f = b + 2\rho\omega^2\frac{x^2+y^2}{2},$$

N_1, N_2 et T_3 sont définis par

$$N_1 = \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + hz - \rho\omega^2\frac{x^2+y^2}{2}, \qquad N_2 = \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + hz - \rho\omega^2\frac{x^2+y^2}{2}, \qquad T_3 = -\frac{\partial^2 H}{\partial x\,\partial y},$$

h étant une constante arbitraire et a, b, f déterminés à trois fonctions harmoniques arbitraires près.

Comme application, considérons une double couche cylindrique comprise entre les cylindres $r = r_0$, $r = r_1$ avec $r^2 = x^2 + y^2$ et choisissons pour

résoudre cette question

$$a = 0, \qquad b = \mathrm{B}\log\frac{1}{r} + 2\mathrm{C} - 2\rho\omega^2\frac{3\lambda+2\mu}{2(\lambda+\mu)}\frac{r^2}{4},$$

$$f = \mathrm{B}\frac{r^2}{4}\left(1+\log\frac{1}{r}\right) + \mathrm{C}\frac{r^2}{4} + \mathrm{D}\log\frac{1}{r} + 2\rho\omega^2\frac{r^4}{4\times 16}\frac{\lambda+2\mu}{2(\lambda+\mu)}$$

(B, C, D constantes).

La tension sur une surface $x^2+y^2=r^2$ en un point (r, z) est

$$\mathfrak{N}_1(r, z) = \frac{1}{r}\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial r} - \rho\omega^2\frac{r^2}{2} \qquad \text{(en choisissant } h=0\text{)}.$$

Faisons en sorte que, sur la surface $r = r_1 > r_0$, la tension soit nulle en tout point, comme sur les bases sections droites de la double couche; il faut et il suffit pour cela que $\mathfrak{N}_1(r_1, z) \equiv 0$, ce qui donne notamment

$$\mathrm{B} = \rho\omega^2 r_1^2\frac{\lambda(3\lambda+2\mu)}{(\lambda+\mu)(\lambda+2\mu)},$$

car en développant $\mathfrak{N}_1(r, z)$ on obtient

$$\mathfrak{N}_1(r, z) = \frac{\mathrm{B}}{4}\left(1+2\log\frac{1}{r}\right) + \mathrm{C} - \frac{\mathrm{D}}{r^2} + 2\rho\omega^2\frac{r^2}{4}\left(\frac{(\lambda+2\mu)}{8(\lambda+\mu)} - 1\right)$$
$$+ \frac{z^2}{2}\left(\frac{\lambda}{3\lambda+2\mu}\frac{\mathrm{B}}{r^2} + 2\rho\omega^2\frac{\lambda(3\lambda+2\mu)}{4(\lambda+\mu)(\lambda+2\mu)}\right),$$

on peut alors déterminer C et D par les conditions

$$\mathfrak{N}_1(r_1, z) = 0,$$
$$\mathfrak{N}_1(r_0, z) = -\mathrm{P}_0 + \frac{z^2}{2}\frac{\lambda^2}{(\lambda+\mu)(\lambda+2\mu)}\rho\omega^2\left(\frac{r_1^2}{r_0^2} - 1\right),$$

où P_0 arbitraire.

Le problème ainsi traité est celui d'une meule creuse tournant avec la vitesse de rotation constante ω et emmanchée sur un arbre de rotation qui exercerait à l'intérieur la pression $\mathfrak{N}_1(r_0\, z)$, le plan des xy étant la section droite moyenne de la meule. Si l'on admet que le frottement, sur la meule, de l'arbre sur lequel celle-ci est emmanchée est très faible (ce qui a généralement lieu quand le couple nécessaire pour entretenir la rotation est petit), les formules ainsi obtenues donnent une assez exacte solution du problème d'équilibre relatif de la meule creuse, surtout si celle-ci est peu épaisse (z petit) et la pression de serrage P_0 suffisamment élevée.

Cette solution est préférable à la solution approchée du problème de la

meule creuse que j'avais donnée en 1919 ([3]), solution reprise depuis par M. Lecornu, qui avait donné antérieurement une solution approchée du problème de la meule pleine.

SPECTROSCOPIE. — *Coefficients d'absorption de l'ozone dans la région* 2000-2200 Å. Note ([1]) de Mme **Arlette Vassy**, transmise par M. Charles Fabry.

J'ai indiqué ([2]) la nécessité, en vue d'interpréter diverses mesures de physique atmosphérique, de disposer d'une série homogène de coefficients dans différentes régions spectrales. Une première série de résultats a déjà été publiée ([3]); nous nous occuperons ici de la région 2000-2200 Å, qui présente de l'intérêt au double point de vue de la réapparition du spectre solaire dans cette région et des phénomènes d'ionisation dans la haute atmosphère.

Comme dans l'étude précédente, les coefficients sont déterminés en valeur relative en adoptant pour base les coefficients de Ny Tsi-Zé et Choong Shin-Piaw ([4]) dans les bandes de Huggins. Ces derniers auteurs n'ont pas dépassé 2135 Å du côté des courtes longueurs d'onde; au delà, les seules mesures existantes sont celles de Edg. Meyer ([5]); mais elles présentent dans les bandes de Huggins un écart considérable avec toutes les autres déterminations.

Des phénomènes photochimiques constatés dans des expériences préliminaires nous ont conduit à prohiber le dispositif du tube en croix adopté lors des mesures dans le visible. Le montage était donc le suivant : un tube à hydrogène à fenêtre de fluorine était placé au foyer d'une lentille simple en quartz; le faisceau traversait ensuite le tube d'absorption, de 10^{cm} de long, fermé par deux glaces de quartz; une lentille identique à la première concentrait la lumière sur la fente d'un petit spectrographe à optique de quartz. Les plaques photographiques utilisées étaient des

([3]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 169.

([1]) Séance du 2 septembre 1940.
([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1413.
([3]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1638.
([4]) *Chinese Jour. Physics*, 1, 1931, p. 1.
([5]) *Ann. der Physik*, 12, 1903, p. 849.

plaques spéciales pour l'ultraviolet lointain, Ilford Q_1. La distance focale adoptée pour le montage était celle correspondant à la longueur d'onde 2100 Å. Une focalisation rigoureuse dans cette région permettait, en défavorisant les plus grandes longueurs d'onde, d'égaliser le noircissement du spectre obtenu pour l'étendue spectrale comprise entre 2000 et 3500 Å ; ainsi le même spectre permettait de mesurer la densité optique à la fois dans la région à étudier et dans la région des bandes de Huggins, car, par une circonstance heureuse, les coefficients d'absorption de l'ozone ont des valeurs comparables pour les deux régions. Les mesures photométriques dans les bandes de Huggins donnaient l'épaisseur d'ozone traversée en centimètres ; de la densité optique mesurée pour les longueurs d'onde de l'intervalle à étudier, on pouvait ensuite déduire le coefficient d'absorption.

On pourrait penser que la défocalisation du faisceau pour les grandes longueurs d'onde introduit une erreur dans la mesure de l'épaisseur d'ozone : un calcul facile montre que cette dernière est négligeable.

Les mesures ont porté sur diverses épaisseurs d'ozone comprises entre $0^{cm},35$ et $0^{cm},72$. Comme on opérait sur des mélanges oxygène-ozone, et que les spectres de gradation étaient pris avec le tube plein d'oxygène, on s'est assuré que la part d'absorption due à l'oxygène était la même dans les deux cas.

Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau suivant (le coefficient d'absorption est défini par la formule classique $I = I_0\, 10^{-\alpha l}$, l étant exprimé en centimètres).

λ	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090
α	5,65	5,95	6,25	6,6	7,0	7,6	8,1	8,6
λ	2100	2110	2120	2130	2140	2150	2160	2170
α	9,3	10,0	10,8	11,6	12,6	13,9	15,7	18,0

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude sur la scission symétrique du phénanthrène et de ses dérivés.* Note de M. **André Léopold**, présentée par M. Marcel Delépine.

La scission du phénanthrène et de ses dérivés en dégradant, des trois noyaux benzéniques, un des latéraux, est connue, mais l'étude de leur scission symétrique obtenue entre la double liaison 9 et 10 n'a pas été approfondie.

Pour l'exécution de cette étude, nous avons préparé le phénanthrène pur par une méthode nouvelle, car les purifications par solvants tels que alcool, toluène etc., ne nous ont pas donné satisfaction. Cette méthode consiste en une hydrogénation sélective dans des conditions telles que le phénanthrène ne soit pas attaqué; par contre, seules les impuretés qui sont contenues dans le phénanthrène technique se trouvent touchées. Nous avons dissous le phénanthrène technique dans l'alcool éthylique 1 : 8, et hydrogéné entre 100 et 110^{atm} pendant une heure à 200-220° C. en présence de catalyseurs de NiO ou CuCrO. Après avoir éliminé la masse du catalyseur et recristallisé dans l'alcool éthylique le phénanthrène, nous avons obtenu une substance de point de fusion 99-100° C. et un picrate de point de fusion de 143-144° C., de couleur jaune d'or.

Selon N. V. Ipatieff (1) l'hydrogénation du phénanthrène débuterait comme pour le naphtalène sur les anneaux latéraux.

Nous avons également constaté (2) ce fait au cours de nos travaux précédents. Par contre, selon Schmidt et Metzger (3), l'addition de l'hydrogène se produit sur le noyau du milieu en 9 et 10; ces auteurs se basent sur l'hypothèse de la symétrie, l'ayant vérifiée par bromuration.

Nous voulions d'abord nous rendre compte s'il existait une différence entre les résistances des liaisons doubles et simples du phénanthrène, dans les limites de nos possibilités expérimentales. Nous avons chauffé 200^g de phénanthrène pur pendant 5 heures, à 440°C., en présence d'azote à 290^{atm}. Le phénanthrène n'a subi aucun changement; donc les liaisons ont résisté de la même manière.

Pour faciliter la scission symétrique, nous avons eu l'intention d'ouvrir la double liaison entre 9 et 10 pour obtenir une simple liaison en produisant du dihydrophénanthrène.

Nous avons exécuté 11 expériences, avec les catalyseurs NiO, MoS^2, Cr^2O^3, Al^2O^3, V^2O^5 à des pressions de 180-200^{atm} et allant de 300 à 500°C.

Nous avons constaté que, d'abord, l'hydrogénation se produit sur tous les noyaux, et la scission est obtenue seulement après cette hydrogénation totale, comme la présence de la décaline le prouve.

Nous n'avons pas réussi à isoler le dihydrophénanthrène 9-10, car non seulement l'hydrogénation totale se produit en premier lieu, mais les conditions de la production

(1) *Catalytic reactions at high presures and temperatures*, 1926, p. 221.

(2) A. Léopold, *Ann. de l'Off. Nat. Comb. liquides*, 13, 1938, p. 642-657.

(3) *Berichte d. d. Chem. Ges.*, 40, 1907, p. 4240-45.

du dihydro, tétrahydrophénanthrène, etc. sont si proches l'une de l'autre, qu'il nous était impossible de les obtenir.

Pour éviter cet inconvénient, nous avons voulu obtenir la simple liaison en 9-10 en produisant la quinone.

Nous avons exécuté l'hydrogénation de la phénanthrène-quinone, avec des mélanges de gaz, 20 % d'hydrogène et 80 % d'azote, 20 % d'azote et 80 % d'hydrogène et hydrogène pur, à des pressions de 180 à 200^{atm} et à 500°C. en présence du catalyseur à base de sulfure de molybdène. Dans les deux premières expériences, nous avons obtenu des produits de condensation et de l'eau; dans le troisième, de l'eau et du phénanthrène.

Le but n'était donc pas atteint et nous pouvons en conclure que la formation d'une simple liaison ne suffit pas, et il faut orienter vers l'étude d'une combinaison où la double liaison soit ouverte entre 9 et 10, c'est-à-dire l'acide diphényldicarbonique α, α'.

Nous avons déterminé, avec cet acide, selon notre méthode d'étude ([4]) la courbe thermique de l'évolution jusqu'à 500° C. avec une pression de début de 60^{atm} d'hydrogène en présence de 5 % de catalyseur CuO et Al^2O^3. Nous avons constaté qu'il existait trois zones de réaction consécutives, après lesquelles le diagramme ne nous montre plus d'oscillations notables.

Nous avons poursuivi l'étude en nous arrêtant à l'évolution endothermique de la troisième zone de réaction pendant 3 heures, ce qui correspondait aux limites de température de 390-410° C. et à une pression de 180-190^{atm}. Nous avons seulement constaté la production d'eau et de benzène, car ces deux données suffisent pour vérifier le processus en question. Les rendements théoriques calculés de la scission symétrique de l'acide diphényldicarbonique correspondent à 60 % de benzène, 27,6 % d'eau et 12,4 % de méthane.

	Benzène %.	Eau %.	Benzène % du rendement théorique.
I............	54,3	28,0	90,3
II...........	58,8	26,0	93,0
III..........	57,2	26,0	95,3

Nous pouvons en déduire que la scission symétrique s'est produite.

Lorsque des deux liaisons entre 9 et 10 du phénanthrène, une seulement est éliminée par l'addition d'hydrogène, les scissions se produisent après l'hydrogénation totale des anneaux latéraux; si cette élimination se fait

([4]) A. Léopold, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 672-674. *Chimie et Industrie*, 43, x, 1940, p. 795-807.

par addition d'oxygène, par l'intermédiaire de la phénanthrène quinone, on obtient d'abord de l'eau et du phénanthrène.

Par contre, lorsque nous ouvrons entre 9 et 10 entièrement la double liaison du phénanthrène, nous obtenons la scission symétrique qui nous a donné le benzène à un rendement pratiquement voisin des possibilités théoriques.

Ainsi, dans ces circonstances, la scission se produit avant l'hydrogénation totale des noyaux benzéniques, contrairement à ce que l'on constate lorsqu'il y a entre 9 et 10 une simple ou double liaison.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme des attaques sulfurique et phosphorique de l'acide cacodylique.* Note de M. **Georges Petit**, présentée par M. Paul Lebeau.

Déterminant le processus de l'attaque sulfurique des acides monométhyl- et diméthylarsiniques ([1]), nous avons montré que, pour l'acide monométhylé, en milieu sulfurique et phosphorique concentrés, et dans des conditions bien déterminées, le départ du groupement organique lié à l'arsenic s'effectue sans oxydation et se représente par l'équation

$$(1)\qquad CH^3As\begin{matrix}\nearrow O\\ -OH\\ \searrow OH\end{matrix} + OH^2 = CH^3OH + As(OH)^3$$

ou par une équation analogue

$$(2)\qquad \left[CH^3As\begin{matrix}\nearrow OH\\ -OH\\ \searrow OH\end{matrix}\right]^+ X^- = CH^3X + As(OH)^3,$$

obtenue en généralisant les résultats de Prat ([2]), c'est-à-dire en considérant les acides arsiniques en solution acide minéral, comme des sels d'hydroxyalcoylarsonium (X étant ici, soit PO^4H^{2-}, soit SO^4H^-).

Il n'en est plus de même dans l'attaque sulfurique de l'acide diméthylé où la coupure s'accompagne toujours d'une oxydation. Ces deux phénomènes ne sont pas dissociables.

Il était intéressant, afin de les séparer et de préciser leur rôle respectif,

---

([1]) G. Petit, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 322.

([2]) Prat, *Doct. Sc. Phys.*, Paris, 1934.

d'étudier l'action de l'acide phosphorique, acide non oxydant, sur l'acide diméthylarsinique.

Dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placé, nous avons constaté qu'à 320° l'arsenic devient quantitativement trivalent en 15 minutes, mais qu'il reste engagé dans une molécule organique. L'arsine formée est de l'oxyde de méthylarsine, que nous avons isolé et caractérisé.

La réaction peut donc se représenter, en admettant l'hypothèse qui nous a servi à écrire l'équation (2), par la formule

$$(3)\qquad \left[\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!As\!<\!\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right]^{+} PO^4H^{2-} = PO^4H^2CH^3 + CH^3As\!<\!\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} \quad (^3).$$

Ce résultat nous permet d'expliquer le mécanisme de l'attaque par l'acide sulfurique concentré. Par analogie avec l'action de l'acide phosphorique, il y a, dans une première phase, coupure thermique d'un sulfate d'arsonium

$$(3')\qquad \left[\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!As\!<\!\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}\right]^{+} SO^4H^{-} = SO^4HCH^3 + CH^3As\!<\!\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} \quad (^3).$$

L'oxyde de méthylarsine ainsi formé est immédiatement oxydé en acide monométhylarsinique (⁴)

$$(4)\qquad CH^3As\!<\!\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} + SO^4H^2 = CH^3As\!\begin{matrix}/\!\!/O\\-OH\\\backslash OH\end{matrix} + SO^2 + OH^2.$$

Ce dernier se dégrade aussitôt suivant le mécanisme déjà étudié [équation (1) ou (2)].

En résumé, l'attaque sulfurique est représentée par la suite des réactions :

1° Coupure thermique d'un sulfate de diméthyldihydroxyarsonium [équation (3')].

(³) Nous avons à dessein, pour la clarté du texte, négligé d'écrire les réactions secondaires donnant naissance aux produits réellement isolés

$$CH^3As\!<\!\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix} = CH^3AsO + OH^2,$$

$$CH^3X + OH^2 = CH^3OH + XH \text{ (X étant } SO^4H^- \text{ ou } PO^4H^{2-}).$$

(⁴) G. Petit, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1938, p. 150.

2° Oxydation du tronçon arsenical formé [équation (4)] et formation d'un sel d'arsonium complexe monométhylé.

3° Coupure de ce sel complexe [équation (2)].

La première réaction (3') est la plus lente et règle la vitesse de l'ensemble du phénomène.

GÉOLOGIE. — *Le rôle et l'extension des mouvements orogéniques anté-aptiens dans les Pyrénées de la Basse-Navarre française.* Note de M. **Pierre Lamare**, présentée par M. Charles Jacob.

Les formations infracrétacées de la région Saint-Jean-Pied-de-Port se distinguent de celles de la Navarre espagnole et de la Soule par leur richesse en éléments détritiques de dimensions très variables, souvent considérables. Non seulement abondent les brèches, brèches dont le ciment est tantôt schisteux ou gréseux, tantôt calcaire, mais on observe tous les passages, par enrichissement progressif en matériaux étrangers, entre les calcaires zoogènes (Urgo-Aptien) et les brèches à ciment calcaire, comme aussi entre les schistes ou les grès et les brèches à ciment schisto-gréseux.

Ces brèches sont habituellement polygéniques, mais avec prédominance très nette de tel ou tel élément. Certaines, fort pauvres en ciment, sont formées par une accumulation en vrac de blocs, fragments et graviers de même nature, *empruntés au substratum immédiat.* A ces éléments restés anguleux, ou à peine arrondis, se mêlent, en proportion restreinte, des éléments d'une autre provenance, toujours un peu plus usés, quelquefois même arrondis.

Tel est le cas de la *brèche ophitique* de la gare de Baïgorry, qualifiée de *pépérite* par Termier et de *mylonite* par Viennot. Elle s'adosse à un pointement ophitique, dont la roche devait être déjà fort altérée et en partie transformée en arène lors de la transgression infracrétacée. Mais, si les éléments sont en grande majorité ophitiques, on y rencontre aussi des blocs assez gros de quartzites et schistes paléozoïques, de grès triasiques, de Muschelkalk, de Jurassique, voire même de dépôts contemporains remaniés, comme les calcaires urgo-aptiens.

En suivant la brèche en question vers l'Est, on voit ses constituants essentiels changer lorsque varie le substratum. Ainsi, au hameau d'Oronos, à 1^{km} à l'Est de la gare de Baïgorry, où elle repose transgressivement sur une mylonite à blocs de Trias gréseux et d'ophite empaquetés dans les schistes primaires, les matériaux schisteux et gréseux l'emportent sur les autres. Ailleurs ce seront des dolomies, quand la brèche se superpose à de l'Infralias.

Je pourrais multiplier les exemples obéissant aux changements de nature du substratum : la roche-mère est toujours fort peu éloignée, alors que celle des constituants accessoires est plus lointaine. Il arrive que des brèches à matériaux paléozoïques prédominants se superposent à des brèches à matériaux jurassiques, ce qui implique des variations de courants dans les mers où se formaient les brèches : mais, même en pareil cas, les roches-mères se retrouvent à moins d'un kilomètre de part et d'autre.

Le fait que, sur des espaces si restreints, le Crétacé vienne au contact de terrains aussi divers, morcelés et arasés déjà au point que des masses paléozoïques et triasiques perçaient au sein du Jurassique, montre que *ces terrains avaient subi d'importants plissements avant l'invasion de la mer aptienne. Des dislocations aiguës, des laminages et même des phénomènes de mylonitisation s'étaient produits antérieurement au dépôt des brèches*, incontestablement sédimentaires, dont je viens de décrire les caractères.

Ainsi s'expliquent les anomalies structurales de la Basse-Navarre, et en particulier celles des environs de Jaxu, qui avaient provoqué jadis de vives discussions entre Carez, Fournier, L. Bertrand et P. Viennot. A cet égard les observations à $1^{km},5$ au Sud-Est de Jaxu, sur le tertre qui porte l'église de Bustince, paraissent significatives. Là on voit le calcaire urgo-aptien, pétri d'Orbitolines, reposer en discordance sur une série jurassique peu épaisse, mais complète depuis l'Infralias jusqu'au Lusitanien, et dont certains horizons sont fossilifères. A la base du Crétacé, et dans la partie où celui-ci recouvre directement l'Infralias, s'observe une poche de brèche à matériaux infraliasiques.

A 1^{km} au Nord, où le Crétacé se superpose à du Trias gréseux et à du Dévonien fossilifère, de gros blocs de ces formations s'essaiment dans les schistes.

L'existence de plissements anté-aptiens en Basse-Navarre n'exclut nullement des mouvements entre l'Albien et le Cénomanien. Dans la même région, le Flysch du Crétacé supérieur repose lui-même en discordance sur l'Albien et s'étend souvent plus loin que ce dernier, comme à Bellagorria ($2^{km},5$ à l'Ouest de Jaxu), où il recouvre directement des mylonites de Trias et de Paléozoïque. Toutefois, à cet endroit, les mouvements anté-cénomaniens semblent avoir été moins intenses que les mouvements anté-aptiens.

Remarquons par ailleurs que ces derniers sont demeurés très localisés. Dans le sillon subsident nord-pyrénéen comme dans le sillon Elizondo-Leiza en Navarre espagnole, le Crétacé inférieur se révèle concordant avec le Lusitanien : mais, partout, on constate une lacune entre cet étage et le Crétacé.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Potamogétonacées. Développement de l'embryon chez le* Potamogeton natans *L.* Note [1] de M. **René Souèges**, transmise par M. Pierre-Augustin Dangeard.

A la suite des recherches de Wiegand [2], de Holferty [3] et de Cook [4], il y avait lieu de croire que l'on était suffisamment fixé sur le développement de l'embryon des *Potamogeton*. Des lacunes et des incertitudes existaient néanmoins sur le sujet. Il était aisé de s'en rendre compte en comparant les données fournies par les auteurs précités avec les résultats très précis que m'ont permis d'établir, en 1917, mes observations sur le *Sagittaria sagittæfolia* [5].

Après séparation de la cellule basale, qui se différencie en une grosse vésicule haustoriale et qui ne prend nulle part à la construction de l'embryon proprement dit, les trois premières divisions de la cellule apicale conduisent à la formation d'une tétrade en T régulière (*fig.* 1 à 4). Les segmentations suivantes, qui ont lieu d'abord dans les deux cellules inférieures superposées, *m* et *ci*, de la tétrade (*fig.* 5 et 6), puis dans deux cellules supérieures juxtaposées (*fig.* 7), font apparaître un proembryon octocellulaire type à quatre étages, *q*, *m*, *n* et *n'* (*fig.* 7) comportant, au sommet, quatre quadrants disposés dans un plan horizontal. Par bipartition des huit éléments de cette forme octocellulaire, se constitue un proembryon à 16 cellules, réparties en six étages, *l*, *l'*, *m*, *n*, *o*, *p* (*fig.* 10).

Les deux étages supérieurs *l* et *l'*, produits par division transversale des quadrants, se segmentent, de façon assez régulière, comme le montrent les figures 11 à 20; ils donnent naissance au cotylédon. Les éléments de l'étage *m* (*fig.* 11 à 15), après avoir pris des cloisons verticales, se partagent transversalement pour donner deux assises cellulaires (*fig.* 16 à 20); les éléments de l'étage *n* arrivent à produire de même deux couches cellulaires très nettes (*fig.* 11 à 20). Les divisions se succèdent ensuite irrégulièrement dans les deux régions, de sorte qu'il devient bientôt impossible de distinguer les éléments produits par *m* de ceux qui tirent origine de *n*. Au moment de la formation de la dépression latérale indiquant la différenciation du cotylédon, les deux régions issues de *m* et de *n* comportent généralement trois à quatre assises cellulaires : la première engendre la partie supérieure de l'hypocotyle, la deuxième la partie inférieure.

---

(1) Séance du 26 août 1940.

(2) *Bot. Gazet.*, 25, 1898, p. 116.

(3) *Bot. Gazet.*, 31, 1901, p. 339.

(4) *Bull. Torr. Bot. Club*, 35, 1908, p. 209.

(5) *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 715 et p. 1014; 166, 1918, p. 49; *Ann. Sci. nat.*, *Bot.*, 10e série, 13, 1931, p. 253.

L'élément *o* (*fig.* 10), après s'être partagé par cloisons méridiennes en quatre cellules circumaxiales, donne un plateau cellulaire comportant des éléments périphériques, d'où tireront origine les assises de la coiffe les plus éloignées du sommet, et quatre nouvelles cellules centrales qui, se cloisonnant transversalement, engendreront,

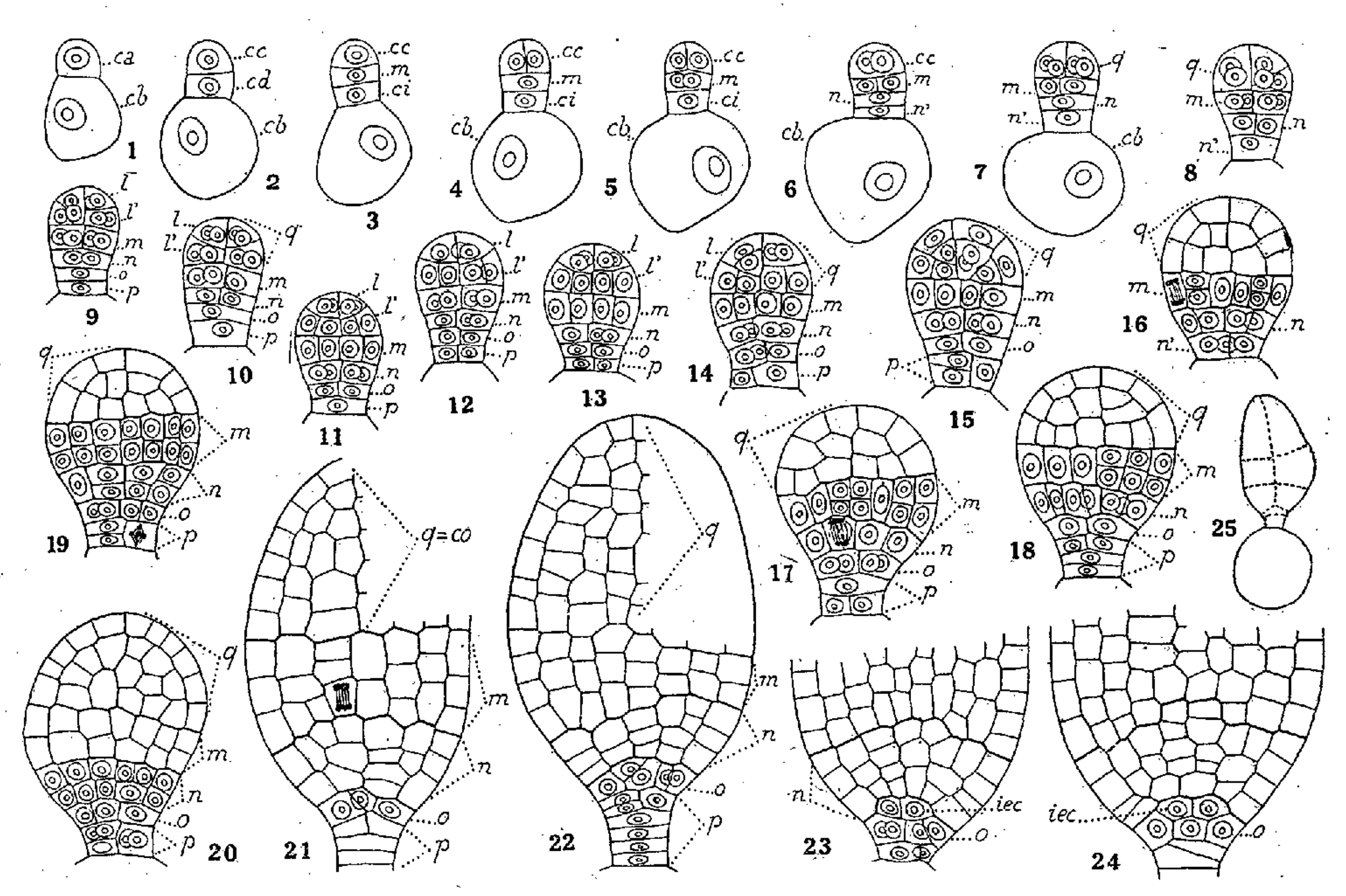


Fig. 1 à 25. — *Potamogeton natans* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules filles superposées de *ca*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants; *l* et *l'* octants supérieurs et octants inférieurs; *co*, cotylédon; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 25, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 24. G. = 280; 69, pour 25.

vers le haut, les initiales de l'écorce de la racine, vers le bas, les initiales de la coiffe. L'élément *p* (*fig.* 10) se segmente, tout d'abord, tantôt transversalement (*fig.* 17, 18), tantôt verticalement (*fig.* 12 à 15). Il préside à la construction de la partie culminante de la coiffe et à celle d'un suspenseur très réduit.

Il n'est pas possible, du seul point de vue des lois qui président au développement de l'embryon, de séparer les *Potamogeton* des *Sagittaria*. Les espèces des deux genres appartiennent incontestablement au même type embryonomique. On remarque, cependant, chez le *Potamogeton natans*, un assez grand nombre de formes de construction irrégulière; les lois du développement offrent de toute évidence, chez cette espèce, une certaine instabilité.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Essai de culture du Champignon symbiotique de la Pomme de terre.* Note de M. **Joseph Magrou** et M^me^ **Madeleine Magrou**, présentée par M. Louis Martin.

L'un de nous a montré, avec J. Costantin et M.-J. Bouget [1], que des plants de Pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.), provenant de graines ou de tubercules semées ou plantés dans les terres des hauts pâturages pyrénéens, riches en plantes à mycorhizes, contractent la symbiose avec certains des champignons du sol, qui s'associent à leurs racines de manière à former des mycorhizes endotrophes typiques, à arbuscules et à vésicules.

Au cours d'un séjour récent à l'Observatoire du Pic du Midi, à Bagnères-de-Bigorre, nous avons tenté de cultiver l'endophyte de ces mycorhizes, en partant des cultures symbiotiques de M. Bouget, issues de graines ou de tubercules et faites, sans aucune fumure, en terre des hautes prairies de la région. Alors que les mycorhizes font défaut chez la Pomme de terre cultivée dans les champs, elles sont extraordinairement abondantes dans ces conditions particulières de culture. Les racines infestées se reconnaissent extérieurement à une belle teinte jaune, qui s'atténue dans l'eau en quelques heures. L'infestation se limite aux plus fines radicelles qui, surtout chez les plants de semis, sont d'une ténuité extrême. Leur écorce se réduit, en effet, à trois assises cellulaires, l'assise moyenne étant seule occupée par le champignon, qui y forme ses arbuscules et ses vésicules. L'endophyte est exclusivement intracellulaire. Nous n'avons pas retrouvé cette année les mycorhizes à troncs mycéliens intercellulaires que nous avions observées précédemment dans les mêmes stations.

Des coupes longitudinales de racines infestées ont été semées en goutte pendante dans le milieu de culture dont l'un de nous a indiqué le mode de préparation dans une Note antérieure [2]. (Extrait de la terre où se développe la plante, renfermant, pour 10^{cm^3}, 20 gouttes d'extrait aqueux de racines infestées et 3 gouttes de solution d'aneurine à $1^0/_{000}$; pH ramené à la valeur 6,6.)

Dans un certain nombre de ces cultures, nous avons vu se développer

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195, et *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10^e^ série, 17, 1935, p. 37.

des filaments mycéliens en continuité certaine avec les hyphes intracellulaires de l'endophyte. Ces filaments, dont la croissance est toujours demeurée discrète, sont dépourvus de cloisons et présentent les caractères morphologiques que l'un de nous a observés dans les cultures d'endophytes d'autres plantes à mycorhizes. Des champignons étrangers, provenant de souillures superficielles, se sont développés plus ou moins abondamment dans un peu moins de la moitié des semis. Enfin, comme il est de règle, la plupart des cultures sont envahies par des bactéries. Le tableau suivant donne les résultats des trois séries d'ensemencements pratiquées respectivement les 22, 23 et 28 août.

Série.	Nombre de cultures.	Développement de	
		l'endophyte.	champignons étrangers.
22/8 (plants de semis).........	36	6	13
23/8 (plants de semis).........	19	0	10
28/8 (plants issus de tubercules).	26	3	15
Total..................	81	9	38

Ce qui donne 11 % de résultats positifs pour l'ensemble des recherches, et 16,6 % pour la série la plus favorable.

On voit par là que l'endophyte du *Solanum tuberosum*, malgré sa localisation exclusivement intracellulaire, est capable d'un début de développement dans le milieu extérieur. Mais, comme il fallait s'y attendre, sa culture est plus difficile encore que celle des endophytes dont les troncs mycéliens principaux sont intercellulaires. Avec l'endophyte de l'*Arum maculatum* ([2]) et de l'*Orobus tuberosus* (recherches inédites) qui répondent à ce dernier type, on peut obtenir, dans certaines séries d'ensemencements, jusqu'à 88 % et 83,6 % de résultats positifs, et, dans les deux cas, le développement du champignon est relativement exubérant, puisqu'il arrive à couvrir d'un réseau lâche toute la surface circonscrite par l'anneau de la cellule de Van Tieghem.

Il reste donc à découvrir des facteurs capables de stimuler les ébauches de croissance *in vitro* de l'endophyte de la Pomme de terre, décrites ci-dessus. La culture de ce champignon pourrait, en effet, présenter un

---

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 923.

intérêt pratique si, comme les rendements des plantations symbiotiques du Pic du Midi permettent de le supposer, la symbiose exerce une action favorisante sur la tubérisation.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la production accélérée du sérum antivenimeux au moyen de l'anavenin (de* Vipera aspis) *chez le Cheval.* Note de MM. **Gaston Ramon, Paul Boquet et Louis Nicol**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En faisant connaître les anatoxines [1], nous indiquions que les venins, comme les toxines microbiennes, peuvent être transformés, par l'action combinée du formol et de la chaleur, en antigènes inoffensifs auxquels fut donné le nom d'anavenins. Nous montrions que ces antigènes inoffensifs, qu'il s'agisse d'anatoxines ou d'anavenins, facilitent grandement l'immunisation des animaux [2].

Les événements nous ont conduits au cours de ces derniers temps à recourir, pour la production chez le Cheval du sérum antivenimeux (dirigé contre le venin de *Vipera aspis*), aux commodités d'immunisation que fournit l'anavenin spécifique employé selon une méthode analogue à celle que nous avons mise au point en ce qui concerne la production des antitoxines diphtérique et tétanique au moyen des anatoxines correspondantes. On sait que, grâce à ces méthodes, on peut obtenir à l'heure présente, en l'espace de 4 à 5 semaines, des sérums antidiphtériques et antitétaniques très riches en antitoxine spécifique, alors qu'avec les procédés anciens 3 à 6 mois étaient nécessaires pour préparer des sérums de valeur antitoxique beaucoup moindre [3].

Des expériences préliminaires effectuées il y a un certain nombre d'années déjà (en 1934) nous avaient permis de poser les bases d'une technique de production accélérée du sérum antivenimeux.

Un Cheval (nº 911) reçoit, en injections sous-cutanées, des doses

(1) G. Ramon, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1338.

(2) G. Ramon, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1436.

(3) G. Ramon, *Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôpitaux de Paris*. Séance du 31 mars 1939, nº 12, p. 617; G. Ramon et R. Richou, *Revue d'Immunologie*, 5, 1939, p. 419; G. Ramon, E. Lemetayer, R. Richou et L. Nicol, *Revue d'Immunologie*, 5, 1939, p. 405.

progressivement croissantes d'anavenin (solution à 10^{mg} de venin par centimètre cube additionnée de 5^{cm^3} de formol par litre et abandonnée un mois à l'étuve) puis de venin, selon le protocole suivant :

23 août	1934	100 mg	(10 cm³)	anavenin
4 septembre		150	(15)	»
13 »		200	(20)	»
19 »		300	(30)	»
26 »		450	(45)	»
3 octobre		550	(55)	»
23 »		100	(10)	venin
31 »		500	(50)	»

Une saignée d'épreuve est pratiquée le 7 novembre, soit 10 semaines après le début de l'immunisation. Le titrage effectué montre que le sérum est capable de neutraliser 2^{mg} de venin, à la dose de 1^{cm^3}. Ce pouvoir antitoxique est suffisant pour l'usage thérapeutique du sérum ainsi préparé.

Modifiant sensiblement la technique adoptée dans l'exemple précédent, nous avons procédé, récemment, à l'immunisation accélérée d'un Cheval (n° 645) destiné à la production du sérum antivenimeux (venin *aspic*). Pour cette immunisation nous avons utilisé des échantillons d'anavenin préparés soit avec 4 °/₀₀ de formol et 20 à 30 jours d'exposition à l'étuve à 40°, soit avec 5 °/₀₀ de formol et un séjour à l'étuve, d'une durée de 10 à 12 jours.

Le protocole d'immunisation employé a été le suivant :

25 avril	1940	100^{mg}	(10^{cm^3})	anavenin
6 mai	»	220	(20)	»
10 »	»	400	(40)	»
16 »	»	600	(60)	»
21 »	»	800	(80)	»
25 »	»	1000	(100)	»

Le sérum recueilli chez cet animal le 4 juin, soit 40 jours après le début de l'immunisation, neutralise 1^{mg} de venin à la dose de 1^{cm^3}; il peut être employé dans le traitement de l'envenimation par *Vipera aspis*.

Dans cet exemple un mois d'immunisation au moyen de l'anavenin seul (au total 3100^{mg} en six injections) a suffi pour la production d'un sérum antivenimeux utilisable en thérapeutique.

Nous indiquerons que, ces dernières années encore, il fallait, en

employant le venin non transformé en anavenin, six mois d'immunisation et 25 injections à doses croissantes pour arriver à un résultat analogue.

On peut ainsi mesurer les avantages que présente l'utilisation de l'anavenin dans la production accélérée du sérum antivenimeux, avantages de même ordre que ceux qui résultent de l'emploi des anatoxines pour la production des sérums antidiphtérique et antitétanique, par exemple.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *La glutathionémie post-opératoire.* Note (¹) de Mme S. **Delauney**, présentée par M. Antonin Gosset.

Plusieurs auteurs ayant montré qu'il existe un abaissement notoire du glutathion sanguin au cours d'états pathologiques (²), il nous a paru intéressant de rechercher la variation de cet élément après intervention chirurgicale. Ce peptide joue-t-il un rôle dans la maladie post-opératoire?

Nous avons examiné la glutathionémie chez des malades opérés pour appendicectomie et pour hystérectomie. Une première prise de sang était faite 48 heures avant l'opération, puis les 1er, 3e, 5e et 8e jours après. Le dosage du glutathion était effectué suivant la méthode de Binet et Weller (³).

Les produits chimiques utilisés pour obtenir la narcose étaient

l'éther, le cyclopropane pour l'anesthésie		générale,
la scurocaïne, rénaleptine	»	rachidienne,
la novocaïne	»	locale.

Appendicectomies. — Les malades observés, âgés de 20 à 30 ans, furent opérés, soit pour appendicite chronique, soit pour appendicite aiguë.

1° *Anesthésie à l'éther : a. Appendicite chronique.* — Malades **8-12-56-91**. La diminution a été de 8 à 10 % au premier jour avec retour immédiat à la normale.

Si nous considérons le malade 8, dont la baisse infime enregistrée fut de 3 %, nous remarquons que la valeur initiale, soit 0g,240, était légèrement inférieure à la moyenne normale.

b. Appendicite aiguë. — Malades **67-84**. Ces deux opérés à suites opératoires normales ont donné des courbes semblables à celles des appendicites chroniques, soit une diminution de 8 à 11 % du taux initial.

(¹) Séance du 16 septembre 1940.

(²) Morel, Gate et Dorche, *C. R. Soc. Biol.*, **108**, 1931, p. 899.

(³) *Soc. Ch. Biol.*, **18**, 1936, p. 359.

2° *Anesthésie au cyclopropane.* — Malades 17-79-87. Nous rencontrons ici une variation un peu plus accentuée, soit respectivement 15%-17%-15%. Nous noterons que la valeur de la leucocytose avant opération ne semble pas avoir une influence : le malade 87 avait 16000 G. B. et le malade 79, qui accuse une baisse un peu plus forte, en possédait 4600.

3° *Anesthésie locale.* — Malades 41-47. La baisse du glutathion est infime dans ces deux cas, soit environ 5%. Cette anesthésie, dans la série des appendicectomies, paraît être celle qui entraîne le moindre choc, du point de vue que nous envisageons ici.

Hystérectomies. — Les malades, âgées de 30 à 40 ans, furent opérées pour hystérectomie totale ou sub-totale.

1° *Anesthésie à l'éther.* — Malades 1-3-76. Le taux du glutathion au premier jour est de 22 à 30% inférieur à celui noté avant intervention. Cette diminution est double de celle enregistrée pour les appendicectomies à l'aide du même anesthésique.

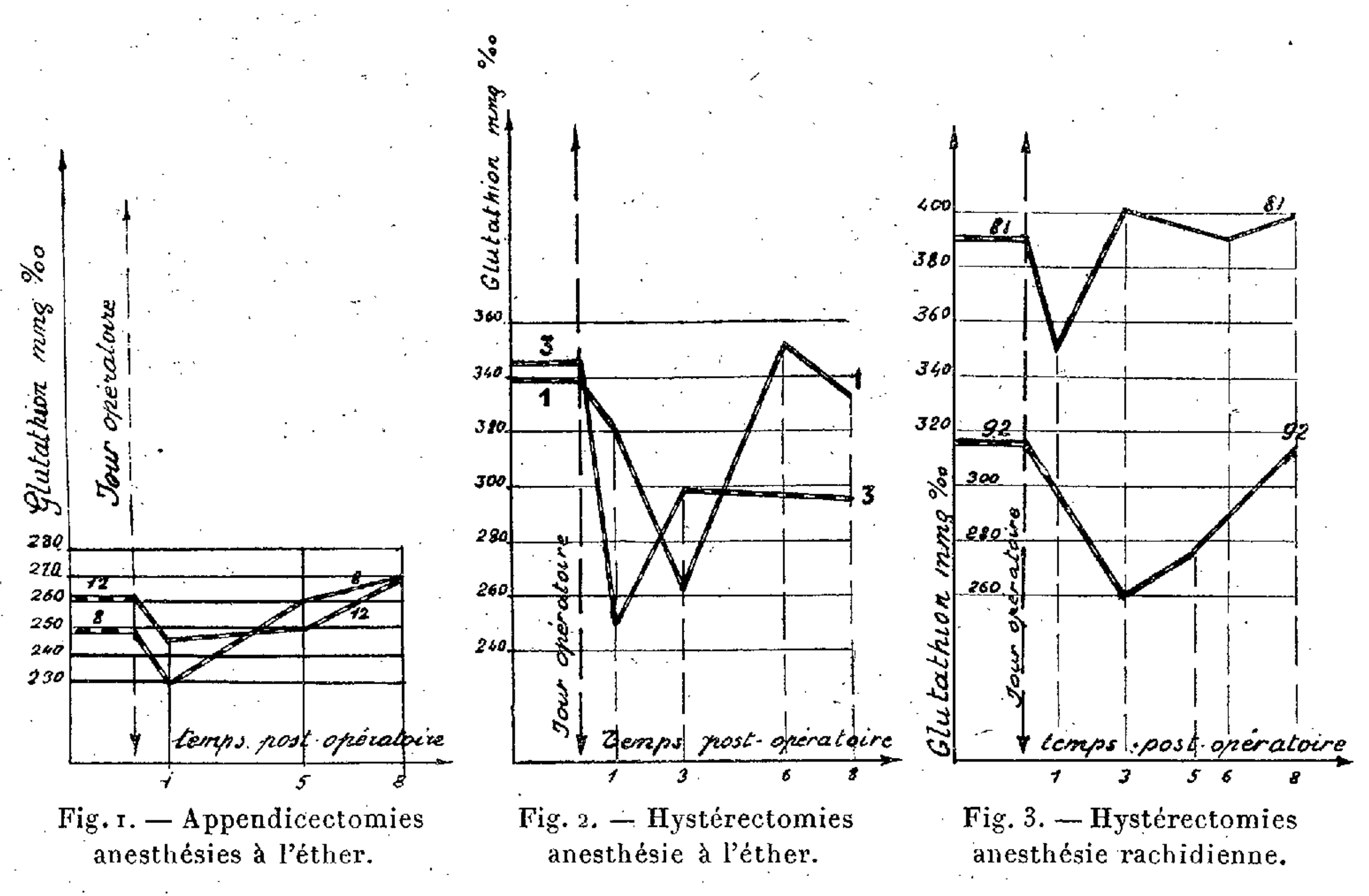


Fig. 1. — Appendicectomies anesthésies à l'éther.

Fig. 2. — Hystérectomies anesthésie à l'éther.

Fig. 3. — Hystérectomies anesthésie rachidienne.

2° *Anesthésie au cyclopropane.* — Malades 24-39-85. Les chiffres obtenus représentent une baisse de glutathion un peu moins accentuée, moyenne 22%, que lors de l'emploi de l'éther, si l'on excepte la malade 85, qui, à l'origine, avait une leucocytose supérieure à la normale, soit 13700 G. B. et qui, de plus, a présenté une température au delà de 38° du 2ᵉ au 8ᵉ jour post-opératoire.

3° *Anesthésie rachidienne.* — Malades 81-83-92. Les valeurs de glutathionémie le moins modifiées se rencontrent dans cette série : 19% restant néanmoins un chiffre assez élevé.

En conclusion, nous pouvons dire que la baisse du glutathion sanguin

est un facteur constant après intervention chirurgicale, au même titre qu'il existe une hyperglycémie, une modification de la réserve alcaline, des éléments chlorés.

Il ressort que cette diminution varie de 5 à 18 % dans les appendicectomies et de 15 à 35 % dans les hystérectomies.

Il faut rechercher l'explication de cette discordance parmi les différents facteurs qui entrent en ligne de compte dans le choc opératoire. La grandeur du traumatisme imposé joue, certainement, un rôle important : la différence de durée de l'intervention n'est pas négligeable : 8 à 10 minutes pour les appendicectomies et de 25 à 35 minutes pour les hystérectomies (temps exactement notés à chaque intervention).

En attendant de pouvoir préciser l'origine de cette variation, on peut assurer qu'elle signifie une moindre défense de l'organisme, une réaction passagère de la cellule hépatique, centre régulateur du glutahion [4].

Nous n'avons fait mention, dans cet exposé, que du glutathion réduit. Le glutathion oxydé présente une courbe différente. Le rapport GO/GR ne possède pas une valeur constante post-opératoire; c'est ce chiffre, peut-être tout autant que les éléments de son rapport, qu'il serait utile de considérer comme une donnée de laboratoire au même titre que d'autres tests indispensables.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

([4]) A. Gosset et Binet, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 206.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 SEPTEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Relation simple entre les fréquences d'une même molécule dans les états gazeux, liquide et solide.* Note de M. **Henri Deslandres**.

1. La Note actuelle est la suite de 5 Notes présentées les 2 novembre et 27 décembre 1938, les 23 octobre et 11 décembre 1939 et le 19 février 1940, et qui toutes sont consacrées à l'analyse nouvelle des fréquences moléculaires infrarouges. Cette analyse révèle les actions qui s'exercent à distance entre les molécules, actions négligées jusqu'ici, mais dont l'importance est réelle. En fait chaque atome ou groupe d'atomes a ses vibrations propres déterminées par l'approche d'un autre atome ou groupes d'atomes de la molécule ou par l'approche d'une autre molécule, et la fréquence émise est reliée par une loi simple à ses électrons et anneaux d'électrons activés [1]. Cette fréquence, surtout par la résonance, agit sur les autres

---

[1] Cette loi est résumée dans la formule (1) $\nu = q d_1/s'r'$, ν étant la fréquence émise, d_1 la constante universelle 1062,5, s' le nombre des électrons activés par sous-anneaux et anneaux, q et r' des nombres entiers. Toutes les parties de la molécule stable doivent émettre la même fréquence ou des fréquences très voisines, et la même règle simple s'applique aux complexes de Werner.

La résonance est une cause nouvelle à invoquer pour expliquer la catalyse, toujours assez mystérieuse. Le catalyseur favorise la formation des composés qui ont avec lui en commun des fréquences ou simplement des nombres s' d'électrons activables. Voir *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 341.

éléments de la molécule et sur toutes les molécules voisines qu'elle peut atteindre.

Jusqu'ici les chimistes ont surtout envisagé les actions de contact entre les molécules, actions qui sont en général très brèves, mais les actions à distance par le rayonnement se maintiennent pendant un temps beaucoup plus long, d'où leur influence non négligeable.

Ces recherches, poursuivies sur plus de 200 molécules, ont fait connaître les lois simples de leur formation (voir les 22 Notes publiées depuis 1930). De plus elles assurent une explication aux variations curieuses, au premier abord singulières, que subissent les spectres moléculaires avec les variations de température, surtout dans le passage de l'état gazeux aux états liquide et solide.

Les trois Notes précédentes exposent les variations des 7 molécules PH^3, PD^3, SiH^4, S^2, NH^3, ClH et C^2H^2, dont certaines fréquences, en général intenses, du gaz et du liquide, ont des différences notables, explicables en partie par la formation de polymères dans le liquide. Les autres fréquences ont des différences plus faibles, dont la cause doit être différente.

A priori, pour l'action du rayonnement, les conditions sont différentes dans les trois états gazeux, liquide et solide. Dans le gaz les molécules se meuvent dans tous les sens et se heurtent, et ces chocs donnent naissance aux divers arrangements possibles des atomes et de leurs électrons, activables par sous-anneaux et anneaux. D'autre part l'analyse nouvelle nous apprend que chaque fréquence dite de vibration est un harmonique de plusieurs fréquences élémentaires, dues à des arrangements différents des atomes et des électrons, et il est même probable que le nombre des fréquences de la molécule est simplement le nombre des groupes distincts de ces arrangements. Les molécules dont l'arrangement intérieur est rattaché à l'un de ces groupes sont à rapprocher. La fréquence émise par l'une d'elles est imposée par la résonance à toutes les autres, l'intensité de la résonance étant variable avec la distance et avec la différence des fréquences. Chaque molécule du groupe émet donc toutes les fréquences de son groupe qui sont différentes, mais très peu (2). La résultante finale

(2) Le cas de ces harmoniques réunis sur la molécule est celui bien connu des pendules qui, fixés chacun à des supports distincts, ont des périodes un peu différentes, et la même période quand ils sont tous fixés à un même support. Il sera d'ailleurs utile d'étudier le spectre Raman avec une dispersion très forte.

est la fréquence du spectre, représentée par une raie qui doit être assez large et varier avec la température; car elle doit être très voisine de la fréquence de l'arrangement spécial imposé par les chocs à la majorité des molécules du groupe. Or la force moyenne des chocs et donc aussi l'arrangement le plus fréquent varient avec la température.

Dans l'état liquide la mobilité des molécules est moindre et la formation des polymères apporte une complication. Enfin, dans l'état solide, les molécules sont fixes et leurs éléments sont activés surtout par les rayonnements venus de l'extérieur. Les polymères sont plus nombreux, mais, à certains égards, l'émission doit être plus simple que dans les deux autres états.

II. La Note actuelle étend la recherche expérimentale à l'état solide, en utilisant les données nouvelles importantes dues aux physiciens de l'Inde, Sirkar et Gupta, qui ont relevé les spectres Raman à la température très basse de l'oxygène liquide. J'étudie et je compare les spectres de l'hydrogène sulfuré H^2S, gazeux, liquide et solide, mesurés par les mêmes auteurs. Les résultats sont condensés dans le Tableau XII ci-après.

Le gaz a une seule fréquence $\nu\,2615$, le liquide aussi une seule fréquence $\nu\,2576$, un peu plus petite; mais le solide a 4 fréquences $\nu\,2558$, 2547 et 2523, encore plus petites, qui représentent la division en trois parties de la raie précédente, et la 4ᵉ $\nu\,80$, très petite, qui est le milieu d'une bande et probablement une raie dite de vibration, accompagnée de raies secondaires dites de rotation et non résolues. Des raies similaires intenses, fines et de fréquence très petite, ont été signalées par les physiciens hindous dans d'autres molécules à des températures très basses.

Le tableau présente d'abord les fréquences du gaz et du liquide, puis une fréquence du solide, juxtaposées pour la comparaison. La fréquence du gaz est un multiple de $d_1/13$ avec le résidu le plus petit de l'analyse. A noter que les fréquences principales des molécules S — S, S — O^2, sont des multiples de $d_1/12$ $2a'$. 12 étant le nombre d'électrons du premier anneau et du sous-anneau suivant de S. Dans H^2S, le nombre s' 13 correspond à l'arrangement SH — H, qui est le plus fréquent dans le gaz; l'arrangement S — H^2 est aussi représenté dans le gaz par les nombres s' 12, 14 et 16, mais avec des résidus assez forts. D'autre part la fréquence du liquide est un multiple de $d_1/13 \times 2$, et celle du solide un multiple de $d_1/13 \times 6$. On peut en inférer que le liquide contient de nombreux polymères n° 2 du gaz et le solide de nombreux polymères n° 6.

Ensuite sont présentés quatre groupes de fréquences émises dans deux

Tableau XXII. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste *Act.* — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.), des sous-anneaux et anneaux (a'.), activables dans les atomes et groupes d'atomes de la molécule H^2S et de ses polymères.

Hydrogène sulfuré H^2S [1].

	$S—H^2$.	$SH—H$.	SH^2.	S^2H^4.	S^3H^6.	S^6H^{12}.	
1 a'...........	*4*	*5*	*6*	*12*	*18*	*36*	........*1* a'.
1 a............	*6* 2	*7* 1	*8*	*16*	*24*	*48*	........*1* a.
2 a'...........	*12*	*13*	*14*	*28*	*42*	*84*	........*2* a'.
2 a............	*14*	*15*	*16*	*32*	*48*	*96*	........*2* a.
3 a............	*16*	*17*	*18*	*36*	*54*	*108*	........*3* a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm⁻¹.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.		Nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de sous-anneaux et d'anneaux activés (a'_1 et a_1).
H^2S Gaz Raman.........	$\nu = (5)\ 2615 =$	$32\, d_1/\ 13$	−0,4	13 de $SH—H$ 2 a'.
18 électrons, 1 fréq..	id. $=$	$64\, d_1/\ 13\times 2$	−0,4	id.
Liquide Raman.....	$\nu = (5)\ 2576 =$	$63\, d_1/\ 13\times 2$	+1,5	26 de $S^2H^2—H^2$ 2 a'.
1 fréquence.........	id. $=$	$189\, d_1/\ 13\times 6$	+1,5	id.
Solide à −180° Raman. 4 fréquences........	$\nu = (5)\ 2547 =$	$187\, d_1/\ 13\times 6$	−0,3	78 de $S^6H^6—H^6$ 2 a'.
Liquide Raman.....	$\nu = (5)\ 2576 =$	$165\, d_1/\ 68$	−2,1	34 de $S^2H^2—H^2$ 3 a.
Solide à −180° Raman.	$\nu = (5)\ 2547 =$	$163\, d_1/\ 68$	+0,1	68 de $S^4H^4—H^4$ 3 a.
Liquide Raman.....	$\nu = (5)\ 2576 =$	$131\, d_1/\ 54$	+1,6	27 de $S^2H^3—H$ 2 a'. ou 54 de $S^3H^6—H^6S^3$ 3 a.
Solide à −180° Raman.	$\nu = (5)\ 2558 =$	$130\, d_1/\ 54$	+0,1	54 de $S^4H^6—H^2$ 2 a'.
Gaz Raman.........	$\nu = (5)\ 2615 =$	$155\, d_1/\ 63$	+0,9	7 de $SH—H$ 1 a.
Solide à −180° Raman.	$\nu = (5)\ 2547 =$	$151\, d_1/\ 63$	+0,4	63 de $S^9H^9—H^9$ 1 a. ou 21 de $S^3H^3—H^3$ 1 a.
Gaz Raman.........	$\nu = (5)\ 2615 =$	$197\, d_1/\ 80$	−1,4	16 de $S—H^2$ 3 a.
Liquide Raman.....	$\nu = (5)\ 2576 =$	$194\, d_1/\ 80$	−0,5	10 de $S^2H^2—H^2$ 1 a'.
Solide à −180° Raman.	$\nu = (6)\ 2523 =$	$190\, d_1/\ 80$	−0,4	40 de $S^6H^4—H^8$ 1 a.; 80 de $S^6H^8—H^4$ 2 a'.
Solide à −180° Raman.	$\nu = (3)\ 80 =$	$d_1/\ 13$	−1,7	39 de $S^6H^3—H^9$ 1 a.; 78 de $S^6H^6—H^6$ 2 a'. [2].
Milieu d'une bande..	id. $=$	$2\, d_1/\ 27$	+1,3	27 de $S^6H^3—H^9$ 1 a'.
id.	id. $=$	$3\, d_1/\ 40$	+0,3	40 de $S^6H^4—H^8$ 1 a'. et de $S^3H^4—H^2$ 2 a'.
id.	id. $=$	$4\, d_1/\ 53$	−0,2	53 de $S^3H^5—H$ 3 a.
id.	id. $=$	$4\, d_1/\ 54$	+1,3	54 de $S^3H^6—H^6S^3$ 3 a.
id.	id. $=$	$5\, d_1/\ 66$	−0,5	33 de $S^6H^9—H^3$ 1 a'.
id.	id. $=$	$6\, d_1/\ 80$	+0,3	80 de $S^6H^8—H^4$ 2 a'.
id.	id. $=$	$7\, d_1/\ 92$	−0,8	92 de $S^6H^8—H^4$ 2 a.
id.	id. $=$	$7\, d_1/\ 93$	+0,0	93 de $S^6H^9—H^3$ 2 a.
id.	id. $=$	$7\, d_1/\ 94$	+0,9	94 de $S^6H^{10}—H^2$ 2 a.
id.	id. $=$	$8\, d_1/105$	−0,9	105 de $S^6H^9—H^3$ 3 a.
id.	id. $=$	$8\, d_1/106$	−0,2	106 de $S^6H^{10}—H^2$ 3 a.
id.	id. $=$	$8\, d_1/107$	+0,6	107 de $S^6H^{10}—H$ 3 a.

(1) Les fréquences du tableau sont extraites de l'ouvrage de Magat sur l'Effet Raman de 1937 et du mémoire de Sirkar et Gupta, *Indian Journal of Phys.*, 10, 1936, p. 227.

(2) Dans l'analyse de $\nu\, 80$ et des autres fréquences, le tableau donne les arrangements d'atomes $S^6H^{12-n}— H^n$ dont la fréquence a un résidu suffisamment petit, et pour lesquels, de plus, n est un sous-multiple du nombre s' de S^6H^{12-n}. Ainsi, avec $3d_1/40$, rattaché à $S^6H^4— H^8$, $d_1/40$ est la fréquence de S^6H^4 1 a. et $d_1/8$ la fréquence de H^8, et comme $40 = 8 \times 5$, par un effet de résonance, $d_1/8$ est divisé par 5, le nombre r' de la formule (1) étant alors égal à 5. Les deux parties de la molécule vibrent ainsi en parfait accord, ce qui est une condition nécessaire à la stabilité.

ou trois états de la molécule et qui sont des multiples d'une même fréquence élémentaire rattachée à un arrangement particulier des électrons ([3]). Leur examen conduit à admettre la formation des polymères n° 3 et n° 4, mais les arguments à l'appui sont moins forts que dans le cas précédent. Parmi les trois grandes fréquences de l'état solide, la fréquence ν 2523, égale à $19d_1/8$, est émise seulement par l'arrangement $S - H^2$ et ses polymères.

Enfin le tableau donne l'analyse détaillée de la petite fréquence ν 80, égale à $d_1/13$ et donc attachée à l'arrangement SH — H et à ses polymères. De nombreux arrangements du polymère S^6H^{12} sont indiqués comme possibles dans l'analyse.

Dans l'état gazeux, la fréquence de vibration doit convenir à plusieurs arrangements intérieurs de la molécule et donc être grande, mais dans l'état solide à — 180°, beaucoup de molécules ont un seul et même arrangement, qui peut alors émettre sa vibration fondamentale. Avant de présenter une conclusion ferme sur l'origine de ces nouvelles fréquences, il convient de les étudier sur d'autres molécules, soumises également à des températures très basses.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries les plus générales.* Note de M. **Eugène Fabry.**

Après avoir obtenu des séries très générales dont les points du cercle de convergence sont tous singuliers ([1]), j'ai indiqué comme probable que cela devait représenter le cas le plus général. M. Borel a démontré ce théorème d'une façon précise ([2]) et j'en ai donné une démonstration encore plus générale ([3]).

Je désire donner de ce théorème une nouvelle démonstration plus directe, qui doit montrer la principale raison du résultat.

([3]) Le premier groupe, avec le nombre $s'r'$ égal à 68 ou 34×2, rapproche les fréquences du liquide et du solide, le liquide ayant le nombre s' égal à 34 et le nombre r' égal à 2 dans l'arrangement $S^2H^2 - H^2 3a$. Dans le gaz, la molécule devait avoir un autre arrangement des électrons, probablement l'arrangement SH — H2a' avec le nombre s' égal à 13. On peut expliquer d'une manière analogue les trois autres groupes.

([1]) *Annales de l'École Normale*, 13, 1896, p. 367.

([2]) *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 1051.

([3]) *Comptes rendus*, 124, 1897, p. 142.

Soit

(1) $$\Sigma a_n z^n,$$

une série dont le rayon de convergence a été ramené à l'unité, et qui n'a, sur son cercle de convergence, qu'un nombre limité de points singuliers.

Soit

(2) $$\Sigma b_n z^n,$$

une série dont il manque des termes, telle que la différence des degrés de deux termes consécutifs augmente indéfiniment, au moins pour une suite illimitée. Pour une telle série, tous les points du cercle de convergence sont singuliers (*Annales de l'École Normale*, octobre 1896).

Considérons la somme des deux séries

(3) $$\Sigma(a_n + b_n)z^n.$$

Soit l la plus grande limite de la racine d'ordre n du module de b_n. Si l est plus petit que 1, le rayon de convergence de la série (2) est plus grand que 1. Les séries (1) et (3) ont les mêmes points singuliers sur leur cercle de convergence de rayon 1.

Si $l=1$, pour les séries (2) et (3), tous les points du cercle de convergence, de rayon 1, sont singuliers.

Si l est plus grand que 1, les séries (2) et (3) ont un rayon de convergence plus petit que 1, et tous les points de ce nouveau cercle de convergence sont singuliers. Du reste, l doit être fini pour que le rayon de convergence ne soit pas nul.

Par exemple, si $b_n = (1-\varepsilon)^n$ pour les termes non nuls, $l = 1-\varepsilon$.

Si, L désignant le logarithme népérien, $b_n = (1 - 1/\mathrm{L}n)^n$, l sera égal à 1.

Dans ces deux cas b_n devient extrêmement petit lorsque n devient très grand. On peut même supposer nuls tous les termes b, jusqu'à un rang déterminé, aussi grand que l'on voudra.

De sorte que, si l'on part d'une série (1), dont le rayon de convergence a été ramené à l'unité; si les points de ce cercle de convergence ne sont pas tous singuliers, on les rendra tous singuliers en ajoutant des quantités arbitraires à des termes en nombre infini, mais assez espacés; les termes modifiés étant en nombre infiniment petit par rapport à ceux non changés. La seule restriction est que les modules des coefficients ajoutés ne soient pas trop petits, c'est-à-dire que l ne soit pas inférieur à 1. Mais, lorsque n augmente, l'ensemble des modules des coefficients b exclus devient extrê-

mement petit. De même, le module de b_n ne doit pas être trop grand, pour que l ne soit pas infini, et que le rayon de convergence ne soit pas nul. Mais, quand n augmente, les modules ainsi exclus, pour b_n, sont extrêmement grands.

Et l'on peut dire que les valeurs de b_n sont presque arbitraires.

Ainsi, parmi les séries (3) déduites d'une série (1), il y en a une infinité qui, sur leur cercle de convergence, n'ont que les points singuliers de la série (1). Mais celles dont tous les points du cercle de convergence sont singuliers constituent un ensemble beaucoup plus général, et cela pour deux raisons : d'abord parce que les termes modifiés sont arbitraires, pourvu qu'il y ait des intervalles, non changés, qui augmentent indéfiniment; et ensuite parce que les coefficients b_n ajoutés sont compris entre deux limites, l'une extrêmement petite, l'autre extrêmement grande, lorsque n devient très grand, ce qui est le seul cas à considérer.

Cela montre bien pourquoi les séries dont le cercle de convergence n'a que des points singuliers constituent le cas, de beaucoup, le plus général.

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie du Volume qu'il vient de consacrer aux *Crustacés décapodes marcheurs* dans la *Faune de France*. En fait le champ de l'Ouvrage s'étend bien au delà de notre territoire même africain, il embrasse toute l'Europe depuis les eaux douces et la région côtière jusqu'aux profondeurs de 500 mètres, où remontent beaucoup d'espèces abyssales. L'auteur a tenu à y faire entrer les espèces indiennes qui se sont introduites par le Canal de Suez et d'autres que le trafic maritime ont amenées dans nos pays où elles se sont acclimatées, ainsi le grand et fâcheux Crabe de Chine (*Eriocheir sinensis*), qui pullule maintenant dans l'Allemagne du Nord, la Hollande et la Belgique, d'où il se répand dans le nord de la France. Le travail compte 400 pages, près de 300 figures de texte exécutées au crayon par l'auteur et à la plume par l'excellent M. Séguy; en outre 14 planches où presque toutes les espèces sont figurées soit par des photographies, soit par la reproduction photographique d'aquarelles que fit exécuter jadis l'illustre Henri Milne-Edwards. Il a été exécuté au Muséum, dans le laboratoire hospitalier de M. Fage, avec les matériaux que l'auteur avait étudiés et classés lui-même dans la Collection.

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la statistique de Bose-Einstein.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

Nous nous proposons de donner ici une méthode simple permettant de montrer que les équations d'onde des particules de spin 0 ou 1 doivent nécessairement être quantifiées suivant la statistique de Bose-Einstein.

Soit la fonction d'onde *réelle* V, relative à une particule de masse m et satisfaisant à l'équation d'onde

$$\Box V - \frac{m^2 c^2}{\hbar^2} V = 0, \tag{1}$$

avec, pour les *tensions*,

$$T_{ik} = \frac{\partial V}{\partial x_i}\frac{\partial V}{\partial x_k} \qquad (i \neq k). \tag{2}$$

Considérons alors un parallélépipède rectangulaire dont les arêtes dirigées suivant Ox, Oy, Oz ont pour longueurs L, L, 2L. Supposons de plus qu'une cloison mobile permette de le diviser en deux cubes d'arête L.

1° La cloison est en place. Les deux cubes ont des états *indépendants*. Dans chaque cube ces fonctions d'onde sont de la forme

$$V_{n_1 n_2 n_3} = A_{n_1 n_2 n_3} \sin\frac{2\pi n_1 x}{L} \sin\frac{2\pi n_2 y}{L} \sin\frac{2\pi n_3 z}{L} \sin 2\pi\nu_{n_1 n_2 n_3} t,$$

avec la relation

$$\frac{n_1^2}{L^2} + \frac{n_2^2}{L^2} + \frac{n_3^2}{L^2} + \frac{m^2 c^2}{h^2} = \frac{\nu^2_{n_1 n_2 n_3}}{c^2},$$

tandis que $A_{n_1 n_2 n_3}$ est en relation simple avec le nombre de particules occupant l'état (n_1, n_2, n_3). Nous supposerons que l'état énergétiquement le plus bas dans chacun des deux cubes (1, 1, 1) est occupé par q particules ($q \geqq 1$).

2° Nous faisons glisser la cloison. Les fonctions propres du parallélépipède sont maintenant

$$V'_{n_1 n_2 n_3} = A'_{n_1 n_2 n_3} \sin\frac{2\pi n_1 x}{L} \sin\frac{2\pi n_2 y}{L} \sin\frac{2\pi n_3 z}{2L} \sin 2\pi\nu'_{n_1 n_2 n_3} t,$$

avec la relation

$$\frac{n_1^2}{L^2}+\frac{n_2^2}{L^2}+\frac{n_3^2}{4L^2}+\frac{m^2c^2}{\hbar^2}=\frac{\nu'^2_{n_1n_2n_3}}{c^2}.$$

Or il est évident que $2V_{111}=V'_{112}$, avec $2A_{111}=A'_{112}$ et $\nu'_{112}=\nu_{111}$. Autrement dit, de deux états séparés les plus bas au point de vue énergétique, occupés chacun par q particules, nous passons à l'état unique $(1, 1, 2)$, qui n'est pas l'état énergétiquement le plus bas et qui sera occupé par $2q$ particules. Ceci est naturellement incompatible avec la statistique de Pauli-Fermi-Dirac : d'après cette statistique, si par exemple q est le nombre maximum de particules pouvant occuper un niveau déterminé, q particules doivent passer de l'état $(1, 1, 2)$ à l'état $(1, 1, 1)$, avec émission d'énergie.

Ainsi cette statistique entraîne l'existence d'une variation d'énergie dans le système de particules, donc un échange d'énergie avec le parallélépipède, c'est-à-dire ici avec la cloison. Nous arrivons donc au résultat suivant : *les particules définies par l'équation d'ondes* (1) *satisferont ou non à la statistique de Bose-Einstein suivant que le travail nécessaire pour déplacer la cloison sera nul ou différent de zéro.*

Or la relation (2) nous montre que les tensions T_{ik} s'annulent sur la cloison. Donc *les particules* (1) *satisfont à la statistique de Bose-Einstein.*

La méthode que nous venons d'indiquer s'étend sans difficultés au cas du spin égal à l'unité. D'autre part, si l'on cherche à l'appliquer aux équations de Dirac, on constate que les fonctions d'onde ne peuvent s'annuler sur la surface du cube sans s'annuler partout, de sorte qu'il faut faire alors intervenir d'autres considérations (niveaux d'énergie négative).

Notons enfin que le fait qu'on peut déplacer la cloison sans modifier le système équivaut à écrire que les densités de présence de part et d'autre de la cloison sont mesurables indépendamment l'une de l'autre, même si la cloison est absente.

PHYSIQUE. — *Nouvelle formule théorique de convection de la chaleur en régime d'écoulement turbulent.* Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

De nombreuses mesures ont montré que, lorsqu'un écoulement turbulent se produit le long d'une surface (plan ou conduit circulaire en particulier), le noyau turbulent s'arrête à une certaine distance de la paroi et, qu'au voisinage immédiat de cette dernière, se produit une couche laminaire

d'épaisseur δ' dans laquelle la vitesse, parallèle à la surface, varie linéairement depuis la valeur u' jusqu'à la valeur zéro sur la surface.

Prandtl, le premier, a montré que, dans le calcul du coefficient de convection entre flux et paroi, il convient de faire intervenir cette couche laminaire; nous rappelons sommairement le raisonnement de Prandtl. Dans le noyau turbulent le coefficient de convection α_t se déduit de la relation de Reynolds entre frottement et convection et peut s'écrire

$$\alpha_t = \frac{K}{2}\,\frac{\rho u_m^2 C}{u_m - u'}$$

(K, coefficient de frottement turbulent; ρ, massse spécifique du fluide; C, chaleur spécifique à pression constante et u_m, vitesse au centre du noyau turbulent). En ce qui concerne la couche laminaire, Prandtl admet pour le coefficient de convection α_l la valeur λ/δ' (λ, conductibilité thermique du fluide); l'expression du coefficient de frottement à la paroi, laquelle fait intervenir δ' et u', permet aisément d'écrire $\alpha_l = (K\rho u_m^2/2\,(\lambda/\mu u')$ (μ, coefficient de viscosité).

La relation classique régissant la conservation de flux calorifique dans la couche turbulente et dans la couche laminaire s'écrit alors, en désignant par α le coefficient de convection total,

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha_t} + \frac{1}{\alpha_l} = \frac{1}{\frac{K}{2}\rho u_m^2 C}\left[(u_m - u') + \frac{\mu C u'}{\lambda}\right]$$

ou

$$(1)\qquad \frac{\alpha}{C\rho u_m} = \frac{\frac{K}{2}}{1 - \frac{u'}{u_m} + \frac{\mu C}{\lambda}\frac{u'}{u_m}},$$

expression qui ne fait intervenir que des groupes de constantes sans dimensions.

La relation précédente se montre en bon accord avec l'expérience dans le cas des gaz, pour lesquels $\mu C/\lambda$ est voisin de l'unité; en revanche elle se montre très peu satisfaisante dans le cas des liquides, en particulier ceux très visqueux (huiles) pour lesquels le rapport $\mu C/\lambda$ est de l'ordre de 100. Pour ces derniers liquides la relation de Prandtl se simplifie et, dans le cas d'un conduit circulaire de diamètre d, peut s'écrire indifféremment

$$(2)\qquad \frac{\alpha}{C\rho u_m} = \frac{\frac{K}{2}}{\frac{u'}{u^m}}\,\frac{\lambda}{C\mu} \quad \text{ou} \quad \frac{\alpha d}{\lambda} = \frac{K}{2}\,\frac{\mathcal{R}}{\frac{u'}{u_m}}.$$

La dernière expression, qui donne la valeur du nombre de Biot-Nusselt en fonction du seul nombre de Reynolds (K est uniquement fonction de R), s'est montrée en désaccord avec l'expérience ([1]); pour représenter les résultats expérimentaux il est indispensable de faire entrer, dans cette formule, le nombre $C\mu/\lambda$ à une puissance comprise entre 0,3 et 0,4.

Certains auteurs en ont conclu qu'il convenait d'introduire $C\mu/\lambda$ dans l'expression générale du rapport u'/u_m; il paraît peu logique de faire intervenir des grandeurs calorifiques dans ce rapport qui, comme le coefficient de frottement K, semble devoir s'exprimer uniquement en fonction du nombre de Reynolds.

Il nous est apparu que la cause de ce désaccord provenait de ce que, dans son calcul, Prandtl traduit le coefficient de convection α_l dans la couche laminaire par l'expression λ/δ' *qui suppose le fluide immobile*. Il convient de ne pas négliger le fait que, dans cette couche, la vitesse varie linéairement de zéro à u'. Or nous avons montré ([2]) que, dans une telle couche, la pente du profil des températures et celle du profil des vitesses sont entre elles comme $(\mu C/\lambda)^{\frac{1}{3}}$ ([3]); il en résulte que le coefficient de convection dans la couche laminaire a pour valeur : $\lambda/\delta'(\mu C/\lambda)^{\frac{1}{3}}$ et non λ/δ'. Cela entraîne les modifications suivantes pour les formules (1) et (2) :

$$(1^{bis})\qquad \boxed{\frac{\alpha}{C\rho u_m}=\frac{\frac{K}{2}}{1-\frac{u'}{u_m}+\frac{u'}{u_m}\left(\frac{\mu C}{\lambda}\right)^{\frac{2}{3}}}}\quad \text{formule générale,}$$

$$(2^{bis})\qquad \boxed{\frac{\alpha d}{\lambda}=\frac{K}{2}\,\frac{\mathcal{R}}{\left(\frac{u'}{u_m}\right)}\left(\frac{\mu C}{\lambda}\right)^{0,33}}\quad \text{cas des liquides.}$$

Dans le cas des gaz, la première de ces formules apporte aux valeurs

([1]) Voir en particulier Mc Adams, *Heat transmission*, p. 165 à 200.

([2]) *Journal de Physique*, 2, 1938, p. 200 et *Mémorial des Sciences physiques*, XL, 1939, p. 29. Le raisonnement, établi dans le cas du plan, est évidemment valable pour un conduit circulaire dans lequel l'épaisseur de la couche laminaire est toujours très faible par rapport au rayon.

([3]) Pratiquement, dans le cas d'un liquide visqueux, la couche limite thermique laminaire n'occupe qu'environ moitié de l'épaisseur de la couche laminaire dynamique.

de α calculées par la formule de Prandtl des modifications trop faibles pour pouvoir être décelées par l'expérience; dans le cas des liquides de grande viscosité, la formule (2^{bis}) s'accorde très bien avec l'expérience alors que la formule (2) est en total désaccord. Les mêmes conclusions s'appliquent, bien entendu, au cas de la convection turbulente le long d'un plan.

Nous nous permettons de signaler que la relation en $(\mu C/\lambda)^{1/3}$ entre profils des vitesses et des températures rappelée plus haut nous a également permis de concilier la théorie et l'expérience dans le cas de liquides s'écoulant normalement à l'axe d'un cylindre ([4]) ou le long d'un solide profilé; elle se montre, comme on le voit, extrêmement générale dans son application.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilité magnétique du fluorure ferrique* FeF^3 *et du fluorure chromique* CrF^3. Note ([1]) de MM. **Henri Bizette** et **Belling Tsaï**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié en fonction de la température, entre +20°C. et —210°C., la susceptibilité magnétique des fluorures FeF^3 et CrF^3. Ces composés ont été préparés suivant la méthode de Poulenc-Domange en faisant réagir à 500°C. l'acide fluorhydrique anhydre sur les chlorures correspondants.

Le fluorure ferrique possède dès la température ordinaire une susceptibilité fonction du champ; la susceptibilité augmente quand la température diminue; la loi de variation en fonction du champ est sensiblement la même à —196°C. qu'à 20°C., comme le montre le tableau suivant.

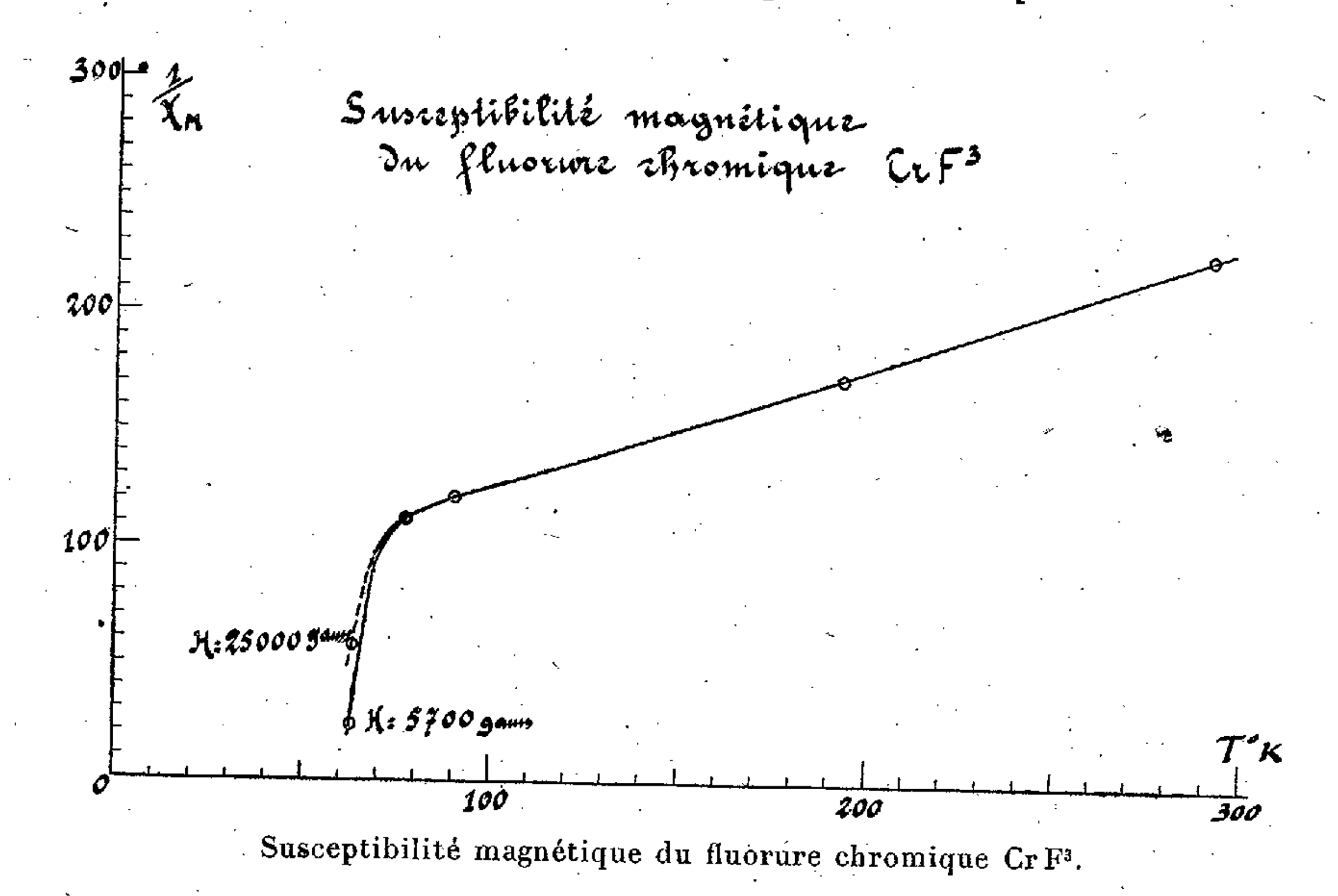
Susceptibilité ($\chi_M \cdot 10^6$) *du fluorure ferrique.*

	Champs en gauss.			
Température.	28000.	21000.	14000.	6500.
20°C.	6530	7140	8565	12540
—78,5	7550	–	–	–
—183	8285	–	–	–
—196	8555	9425	11470	16840
—210	8985	–	–	–
Rapport $\frac{\chi_M(20^\circ)}{\chi_M(-196^\circ)}$	0,763	0,757	0,747	0,745

([4]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1139.

([1]) Séance du 23 septembre 1940.

La susceptibilité magnétique du fluorure CrF^3 suit la loi de Curie-Weiss dans l'intervalle de 20°C. à —183°C.; on a $\chi_M = C_M/(T - \Theta)$ avec $\Theta = -133°$ et $C_M = 1,88$; puis elle croît rapidement quand la température diminue en



Susceptibilité magnétique du fluorure chromique CrF^3.

devenant une fonction décroissante du champ, comme le montrent les courbes de la figure qui représentent les valeurs de l'inverse $1/\chi_M$. A —210°C. le fluorure semble acquérir les propriétés d'une substance ferromagnétique.

FLUORESCENCE. — *Sur un nouveau fluoromètre.*

Note (1) de M. **Louis Brüninghaus**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai décrit succinctement (2) un nouveau fluoromètre basé sur l'électro-biréfringence du quartz, en indiquant que l'appareil était prêt à fonctionner. En fait, lorsque j'ai voulu passer des essais aux mesures, je me suis buté à des difficultés considérables, dont je ne songe évidemment pas à fournir le détail dans cette courte Note, me bornant à signaler la principale : après une suite de résultats qui semblaient cohérents, la poursuite des

(1) Séance du 10 juin 1940.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 118.

mesures a fait apparaître à la longue des variations systématiques importantes et inadmissibles. Une recherche méthodique de la cause de ces variations m'a conduit à observer optiquement les deux quartz en activité. Je pus constater ainsi qu'il se produisait, pour de légères modifications inévitables du circuit oscillant, de lents échanges d'énergie entre les deux quartz montés en parallèle, l'un pouvant se mettre à vibrer plus fortement que l'autre, puis quelque temps après plus faiblement. La raison en est sans doute qu'il est impossible de réaliser deux lames de quartz rigoureusement identiques, même par subdivision d'une seule lame après la taille, et qu'en général, du fait d'une légère inégalité des périodes propres, l'une ou l'autre des deux lames est le siège de vibrations forcées.

Quoi qu'il en soit, il s'avéra impossible de remédier directement à ce grave inconvénient de la méthode, et une modification radicale s'imposait, consistant à faire passer les deux faisceaux lumineux d'aller et de retour par un seul et même système de quartz. Cette modification entraîna une refonte totale du dispositif, avec nécessairement l'introduction de nouvelles difficultés, dues surtout aux lumières parasites très gênantes sur le faible faisceau de retour, résultant notamment de la diffusion par les quartz violemment éclairés, et des réflexions sur leurs faces. Il a fallu de très longs et pénibles tâtonnements pour éliminer de façon presque complète ces causes de perturbation.

Actuellement l'appareil permet enfin de faire des mesures, sinon très précises, du moins fidèles. Des perfectionnements sont encore nécessaires pour gagner en précision. Vu les circonstances, je crois cependant devoir donner dès maintenant les premiers résultats.

L'emploi de l'appareil comporte deux sortes d'opérations :

1° l'étalonnage, ou graduation en temps;

2° les mesures proprement dites de durées moyennes de fluorescence.

L'étalonnage est obtenu en créant des retards connus entre le jet lumineux d'aller et celui de retour, grâce à un miroir mobile que l'on place à diverses distances du système émetteur : la durée de l'aller et retour du jet lumineux est évidemment égale au quotient du double de la distance du miroir par la vitesse de la lumière. L'on trace ainsi la *courbe du miroir*, obtenue en portant en abscisses les distances, ou les temps qui leur sont proportionnels, et en ordonnées les angles de lecture du système nicol-lame biréfringente destiné à mesurer la biréfringence que possède l'ensemble des quartz $Q_1 Q_2$ à l'instant où le jet de retour les traverse.

Voici les nombres relatifs à cet étalonnage. L'unité de temps vaut 10^{-8} sec.

Distances (m.).	Temps (10^{-8}s).	Lectures au nicol.	Distances (m.).	Temps (10^{-8}s).	Lectures au nicol.
3	2	$18^\circ \pm 0^\circ,5$	15	10	$12^\circ,5 \pm 0^\circ,5$
6	4	17,5 »	18	12	11,5 »
9	6	15 »	21	14	11 »
12	8	14 »			

Entre les temps 2 et 10, la courbe est exactement rectiligne. Elle s'infléchit en dehors de ces limites dans le sens qui correspond à la forme théorique (sinusoïdale) de la courbe.

Les mesures de durées moyennes de fluorescence ont porté sur deux substances à forte fluorescence, la fluorescéine en solution dans l'eau et le sulfate de quinine en solution aqueuse sulfurique. Les concentrations sont de 10^{-3}(g/cm^3) pour la fluorescéine et de 2.10^{-3}(g/cm^3) pour le sulfate de quinine. La lumière excitatrice est celle du charbon positif d'un arc électrique, filtrée par un verre UG_2 de Schott, transparent dans le domaine λ3000-4000 Å, tandis que la lumière excitée est filtrée avec un écran Wratten 2Å et un écran Schott BG23 superposés, dont le rôle est de retenir les faibles radiations rouge et orangé que laisse passer le filtre UG_2, de sorte que le faisceau de retour se trouvait libre de toute lumière excitatrice diffusée ou réfléchie, ainsi que je m'en suis assuré par un examen direct rigoureux.

Un grand nombre de lectures faites dans ces conditions ont donné les résultats suivants :

Substance.	Lecture au nicol.	Durée moyenne.
Fluorescéine	$18^\circ \pm 0,5^\circ$	Entre 0 et 2.10^{-8} s
Sulfate de quinine	16° »	$(4,6 \pm 0,8).10^{-8}$ s

Il est à noter que la mesure sur la fluorescéine était faite à titre de simple contrôle, car mon appareil est monté pour la mesure de durées de fluorescence relativement longues, et des temps de 10^{-8} s. ou inférieurs sont en deçà des limites normales de son fonctionnement.

Les déterminations effectuées par M. Francis Perrin (³) par une méthode entièrement différente (basée sur des mesures de polarisation de la lumière de fluorescence) ont donné $0,4.10^{-8}$ s pour la fluorescéine et 4.10^{-8} s pour le sulfate de quinine.

(³) *Annales de Physique*, 12, 1929, p. 256-260.

Il convient de remarquer enfin que je fournis ici le résultat brut des mesures. La discussion complète sera faite dans un autre Recueil. Il est toutefois raisonnable de conclure que les résultats ont le sens et l'ordre de grandeur conformes aux prévisions, ce qui donne confiance dans la méthode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la calorimétrie des solutions aqueuses de quelques sels d'ammonium et de sodium.* Note de M. **Jean Perreu**.

Cette étude calorimétrique, effectuée vers 18°C., concerne les solutions aqueuses binaires de deux sels d'ammonium : le phosphate monoammonique et l'alun ammoniacal, et celles de deux sels de sodium : le bicarbonate et l'acétate.

I. Sels ammoniacaux. 1. *Phosphate* $PO^4H^2NH^4$. — La dissolution de la mol/g de ce sel dans 400 mol/g d'eau donne, pour la chaleur initiale, $q_0 = -3^{cal},90$; en opérant dans 600 mol/g et dans 680 mol/g d'eau on trouve respectivement $-3^{cal},92$ et $-3^{cal},93$. Dans le tableau suivant, les valeurs de q_0 et de $L_c^{c'}$ correspondent à la concentration finale $p' = 1,1\ \%$, $h' = 581$, $c' = 0,00172$.

Concentration initiale (¹).							a_C (²).	
p.	h.	c.	γ_{moy} (17°-19°).	q_c.	$L_c^{c'}$.	Q_c (calc).		
				cal	cal	cal	cal (mes)	cal (calc)
0	∞	0		$-3,92\ (q_0)$				
5	127,78	0,0078	0,953	$-3,83$				
10	63,89	0,0156	0,916	$-3,77$				
15	42,59	0,0235	0,887	$-3,72$	$-0,15$	$-3,77$		
20	31,94	0,0313	0,861	$-3,69$	$-0,18$	$-3,74$		
25	25,55	0,0391	0,840	$-3,68$	$-0,19$	$-3,73$		
30	21,30	0,0469	0,820	$-3,66$	$-0,20$	$-3,72$		
35,48 (sat)	18,01	$0,0555_{(C)}$	0,802	$-3,65\ (q_C)$ (extrap)	$-0,21$	$-3,71$	$-0,07$	$-0,05$

On trouve, pour la chaleur limite, $q_{C\,extrap} = -3^{cal},65$; $q_{C\,calc} = -3^{cal},64$.

(¹) p est le poids en grammes de sel dissous dans 100g d'eau libre ; h exprime le nombre de mol-g d'eau totale par mol-g de sel ; c est le nombre de mol-g de sel par mol-g d'eau totale.

(²) a_C représente l'effet thermique mis en jeu, à température constante, par l'addition, à un très grand excès de la solution saturée, de la masse d'eau libre nécessaire pour dissoudre, à saturation, la mol-g de sel.

Les chaleurs spécifiques sont exprimées par la relation

$$\gamma_{\text{moy}\,(17^\circ\text{-}19^\circ)} = \frac{9,3 + h}{15,958 + h}.$$

2. *Alun* $(SO^4)^2AlNH^4.12H^2O$. — En dissolvant la mol/g d'hydrate dans 1270 mol/g d'eau libre, on trouve, pour la chaleur initiale, $-9^{\text{cal}},40$; le résultat obtenu est égal à $-9^{\text{cal}},28$ si l'on opère dans 2516 mol/g d'eau et à $-9^{\text{cal}},18$ dans 3786 mol/g de solvant. Les valeurs suivantes de q_0 et de $L_c^{c'}$ sont relatives à la concentration finale $p'=1\ \%$; $h'=2528$; $c'=0,00039$.

Concentration initiale.							a_C.	
p.	h.	c.	$\gamma_{\text{moy}\,(18^\circ\text{-}20^\circ)}$.	q_c.	$L_c^{c'}$.	Q_c calc.		
0	∞	0		cal −9,28 (q_0)				
2,5	1018,67	0,00098	0,981	−9,44				
5	515,33	0,00194	0,969	−9,57				
7,5	347,55	0,00287	0,958	−9,66	cal +0,41	cal −9,69		
10	263,67	0,00379	0,950	−9,74	+0,46	−9,74		
11,6 (sat)	228,54	0,00436 (C)	0,945	−9,67 (q_C) (extrap)	+0,47	−9,75	cal 0 (mes)	cal +0,06 (calc)

Les valeurs trouvées pour q_C sont $-9^{\text{cal}},77$ (extrap) et $-9^{\text{cal}},75$ (calc). La formule qui traduit les résultats obtenus pour les chaleurs spécifiques s'écrit

$$\gamma_{\text{moy}}(18^\circ\text{–}20^\circ) = \frac{162,475 + h}{184,281 + h}.$$

II. Sels de sodium. 1. *Bicarbonate* CO^3HNa. — q_0 et $L_c^{c'}$ correspondent à la concentration finale $p'=0,8\ \%$; $h'=583$; $c'=0,0017$.

Concentration initiale.							a_C.	
p.	h.	c.	$\gamma_{\text{moy}\,(18^\circ\text{-}20^\circ)}$.	q_c.	$L_c^{c'}$.	Q_c calc.		
0	∞	0		cal −4,58 (q_0)				
2	233,33	0,0043	0,977	−4,37				
4	116,67	0,0086	0,957	−4,20	cal −0,18	cal −4,40		
6	77,78	0,0128	0,943	−4,12	−0,22	−4,36		
7	66,67	0,0150	0,936	−4,02	−0,24	−4,34		
8	58,33	0,0171	0,931	−3,96	−0,28	−4,30		
9,2 (sat)	50,72	0,0197 (C)	0,924	−3,92 (q_C) (extrap)	−0,336	−4,24	cal −0,35 (mes)	cal −0,36 (calc)

on obtient

$$q_C \text{ extrap} = -3^c{,}92\,; \qquad q_{C \text{ calc}} = -3^c{,}89,$$

$$\gamma_{\text{moy}}(18^\circ\text{–}20) = \frac{22{,}775 + h}{28{,}739 + h}.$$

2. *Acétate* $CH^3COONa, 3H^2O$. — La concentration finale obtenue dans la mesure de q_0 et de $L_c^{c'}$ est égale à $p' = 1{,}6\,\%$; $h' = 475{,}2$; $c' = 0{,}0021$.

Concentration initiale.							a_C.	
p.	h.	c.	γ_{moy} (18°-20°).	q_c, cal	$L_c^{c'}$.	Q_c calc.		
0	∞	0		$-4{,}68\,(q_0)$				
20	40,78	0,0245	0,939	$-4{,}93$				
40	21,89	0,0457	0,898	$-5{,}14$	cal $+0{,}16$	cal $-4{,}84$		
50	18,11	0,0552	0,886	$-5{,}23$	$+0{,}25$	$-4{,}93$		
60	15,59	0,0641	0,875	$-5{,}30$	$+0{,}316$	$-5{,}00$		
70	13,79	0,0725	0,867	$-5{,}38$	$+0{,}347$	$-5{,}03$		
80	12,44	0,0803	0,860	$-5{,}42$	$+0{,}410$	$-5{,}09$		
87,7 (sat)	11,61	$0{,}0861_{(C)}$	0,855	$-5{,}47\,(q_C)$ (extrap)	$+0{,}447$	$-5{,}13$	cal $+0{,}40$ (mes)	cal $+0{,}40$ (calc)

D'où

$$q_C \text{ extrap} = -5^c{,}47\,; \qquad q_C \text{ calc} = -5^c{,}53\,;$$

$$\gamma_{\text{moy}}(18^\circ\text{-}20^\circ) = \frac{6{,}29 + h}{9{,}43 + h}.$$

III. *Conclusion*. — Les chaleurs de dilution I_C des solutions concentrées des deux sels ammoniacaux étudiés, varient très peu avec la concentration; il en résulte que les valeurs de a_C sont très voisines de zéro et que les chaleurs totales de dissolution Q_C de ces deux sels diffèrent très peu des chaleurs limites q_C.

Pour deux des sels soumis à l'expérience, l'alun ammoniacal et l'acétate de sodium, les chaleurs de dilution I_C sont positives; les chaleurs différentielles de dissolution q_C diminuent donc quand la concentration augmente, contrairement à ce que l'on observe pour les deux autres sels.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système* $P^2O^5 - Fe^2O^3$ *par les spectres de réflexion ultraviolets*. Note de MM. **Alain Berton** et **Paul Brasseur**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons déterminé, par la méthode décrite antérieurement [1], les spectres de réflexion ultraviolets de poudres obtenues par évaporation, puis

(1) M. Billy et A. Berton, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1631 et 1958.

calcination à 800°, de mélanges de solutions de sulfate de fer et d'ammonium et de solutions de phosphate d'ammonium. L'étude a porté sur des mélanges dont le rapport $r = \text{mol. } Fe^2O^3/\text{mol. } P^2O^5$ était compris entre les valeurs extrêmes 0,282 et 2,43. Pour l'obtention des courbes photométriques des spectres, nous avons tenu compte de la différence de sensibilité de la plaque photographique en fonction de la longueur d'onde.

L'anhydride phosphorique pur, en atmosphère sèche, réfléchit tout l'ultraviolet considéré (4000 à 2400 Å). Les spectres du métaphosphate ($r = 0,333$) et ceux des compositions voisines ($r = 0,282$ et 0,305) montrent la même bande caractéristique d'absorption continue dont la limite vers les grandes longueurs d'onde est 3125 Å. Pour les mélanges dont le rapport r est compris entre 0,333 et 0,500, cette bande s'affaiblit progressivement en même temps qu'apparaît une deuxième bande (limite : 3750 Å) dont l'intensité maxima correspond à $2\,P^2O^5 . Fe^2O^3$. L'absorption de l'ultraviolet augmente ensuite avec la proportion de Fe^2O^3 et passe par un maximum pour la composition correspondant au pyrophosphate ($r = 0,666$) (limite de la bande d'absorption caractéristique : 4000 Å). Les résultats obtenus pour les mélanges intermédiaires entre le pyro et le métaphosphate ne sont pas d'accord avec ceux des spectres de diffraction de rayons X ([2]) qui n'indiquent, dans ce cas, qu'une superposition des raies des deux sels ([3]). Il y a donc incertitude, et l'existence d'un composé, tel que $2\,P^2O^5 . Fe^2O^3$, devra être vérifiée par une autre méthode d'investigation, l'analyse thermique par exemple.

A partir du pyrophosphate, l'absorption diminue avec la proportion de Fe^2O^3, et il semble qu'il se forme une solution solide entre le pyro et l'orthophosphate, la limite de la bande d'absorption ne variant pas par sauts brusques, mais d'une façon continue. Le spectre de l'orthophosphate ($r = 1,00$) offre une bande d'absorption continue (limite 3450 Å) et une bande étroite fort remarquable à 3810 Å. L'intensité de ces bandes caractéristiques passe par un maximum pour la composition théorique du sel et diminue ensuite progressivement pour des proportions croissantes de Fe^2O^3. La partie visible du spectre se trouve même de plus en plus absorbée, mais son intensité augmente brusquement pour la composition

---

([2]) P. Brasseur, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 761.

([3]) Rappelons également que les spectres de réflexion ultraviolets d'un mélange de deux poudres ne réagissant pas entre elles sont la superposition des spectres de ces deux poudres.

correspondant à celle d'un phosphate basique $P^2O^5.2Fe^2O^3$ (limite de la bande d'absorption 4300 Å). L'oxyde ferrique en poudre absorbe pratiquement tout l'ultraviolet et le visible jusqu'à 5900 Å.

Tous ces résultats confirment les existences du métaphosphate, du pyrophosphate, de l'orthophosphate ferriques et du phosphate basique $P^2O^5.2Fe^2O^3$. La formation d'un composé intermédiaire entre le métaphosphate et le pyrophosphate devra être vérifiée autrement.

En résumé, les spectres de réflexion se révèlent comme une méthode de recoupement utile dans l'étude des systèmes solides. Dans le cas où l'absorption des composés est intense et caractéristique, la lecture des spectres est commode et rapide; elle peut être faite en effet, en première approximation, sans nécessiter l'emploi d'un microphotomètre, et les temps de pose nécessaires pour l'obtention des clichés sont compris entre 5 et 30 secondes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage des sucres réducteurs par la microsédimentation.* Note de M. **Radu Vladesco**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La mise en évidence des sucres réducteurs ainsi que leur dosage se font actuellement, dans la plupart des cas, par le réactif cuivro-tartrique en solution alcaline.

En faisant bouillir, en présence de ce réactif, une solution sucrée, on obtient de l'oxydule de cuivre sous forme de précipité de couleur rouge brique.

A notre connaissance, la séparation de ce corps comme tel n'a pas été envisagé jusqu'à présent, parce qu'il est facilement oxydable.

Il n'est pas nécessaire, pour se rendre compte de la présence d'un sucre réducteur, de séparer l'oxydule du cuivre; sa production seule, facile à reconnaître, suffit.

Nous disposons aujourd'hui, pour le dosage de ces sucres, de méthodes éprouvées par l'expérience.

Le problème du dosage se complique lorsqu'il s'agit de petites quantités de sucre. Les erreurs, inévitables au cours des manipulations que comporte la méthode choisie, peuvent conduire, dans ces cas, à des résultats très éloignés de la réalité.

Afin de réduire ces causes d'erreurs au minimum, nous nous sommes

proposé de poursuivre la séparation de l'oxydule de cuivre dans des conditions telles que son dosage direct soit, autant que possible, irréprochable en même temps que facile.

Après de nombreux tâtonnements, nous croyons avoir atteint notre but en procédant comme suit : dans des tubes à centrifuger en verre pyrex, terminés avec un capillaire cylindrique fermé à son extrémité, nous faisons bouillir au bain-marie, durant 10 minutes, la solution sucrée (5^{cm^3}) en présence du réactif (1^{cm^3}) ([1]). Après avoir laissé légèrement refroidir le liquide, nous détachons d'abord, à l'aide d'une baguette en caoutchouc, l'oxydule de cuivre adhérant aux parois du tube et nous le soumettons ensuite à la centrifugation pendant une durée et à une vitesse déterminées et toujours les mêmes.

Le tube utilisé étant étalonné d'avance avec des solutions connues de glucose, il est facile de calculer la quantité de sucre correspondant à la hauteur de la colonne d'oxydule de cuivre lue sur le tube capillaire.

Le nettoyage du tube s'obtient facilement à l'aide d'un mince fil de fer et de quelques gouttes d'acide azotique. On peut employer également des tubes dont l'extrémité capillaire est ouverte; dans ce cas, il faudra obstruer cette ouverture avec un peu de soufre, puis de cire de Golaz, préalablement fondus. Dans le tableau suivant, nous indiquons les hauteurs de la colonne d'oxydule de cuivre sédimenté dans un tube capillaire de $0^{mm},46$ de diamètre, et les quantités de sucre correspondantes.

Glucose (mmg)	0*	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Hauteur de la colonne d'oxydule sédimentée (mm).	0,27	1,09	1,64	2,45	3,00	4,09	4,65	5,24
Glucose (mmg)	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Hauteur de la colonne d'oxydule sédimentée (mm).	6,27	7,42	8,18	8,83	9,82	11,18	12,00	13,36

* Essai à blanc.

La méthode exposée, appliquée au dosage du sucre sanguin, nous a donné des résultats très satisfaisants aux points de vue fidélité, précision et commodité.

([1]) Dissoudre, d'une part carbonate de sodium sec 200^g, acide tartrique $37^g,5$, eau 400^{cm^3}; d'autre part sulfate de cuivre $22^g,5$, eau 500^{cm^3}. Mélanger les deux solutions, compléter à 1 litre et filtrer.

CÉRAMIQUE. — *Sur les origines de la porcelaine en Chine.* Note de M. **René Lecuir.**

L'argile d'une pâte céramique peut atteindre, par fusion de certains de ses éléments, l'état d'une masse compacte et imperméable; la température nécessaire varie avec les argiles; mais, en général, pour les pâtes à base de kaolin, seules susceptibles de donner par vitrification une pâte translucide, cette température est supérieure à 1300°. Alors que la fabrication de la porcelaine en Europe est relativement récente, la Chine a réalisé des céramiques vitrifiées et translucides à une époque qu'il est possible de considérer comme remontant au moins à la dynastie *Song*, c'est-à-dire vers le x^e^ siècle.

J'ai constaté que bien avant cette époque, sous la dynastie *Tang*, les céramiques chinoises sont à base de kaolin; celui-ci est cuit à une température suffisante pour produire son agglomération en une matière dure et opaque, encore poreuse parfois et dénuée de translucidité; les caractéristiques de cette fabrication lui ont fait souvent attribuer la dénomination de faïence, encore que son principal constituant soit celui de la porcelaine. Sous la dynastie *Song*, la pâte est généralement vitrifiée et imperméable; elle reste cependant opaque, et ces caractères ont conduit à lui attribuer la dénomination de *grès*. Certaines fabrications, dont la pâte relativement mince et fragile n'a pas les qualités de résistance et de dureté de ces grès, sont caractérisées par la translucidité de cette pâte, qui présente par suite, dès cette époque, le principal caractère de la porcelaine. J'ai recherché si ces produits étaient la conséquence d'une vitrification totale de la pâte, due à une température suffisamment élevée, ou le résultat d'une technique de travail à température relativement peu élevée comme le fut la pâte tendre en France au XVIII^e^ siècle. Cette dernière était réalisée à partir d'une composition fusible dénuée de plasticité, cuite à une température telle que se produisît la vitrification, sans que celle-ci entraînât nécessairement la déformation de l'objet. La difficulté de façonnage et la faible résistance de l'émail plombifère qui la recouvrait ont fait abandonner la fabrication de la pâte tendre.

J'ai cherché à fixer la température de cuisson des pièces chinoises du type *grès*, et j'ai étudié dans ce but les produits fabriqués dans le Foukien, dont les productions les plus célèbres sont connues sous le nom de *poils de lièvre* en Europe, et de *temmokou* au Japon. J'ai observé que la terre de cette

fabrication est toujours de la couleur de l'émail qui la recouvre, que ce dernier soit gris, noir, brun ou brun roux; les pièces de cette fabrication se déforment à une température un peu supérieure à 1200°, et j'ai constaté qu'elles doivent leur qualité à l'introduction dans la pâte d'une faible quantité de l'émail qui les recouvre. Cette particularité les distingue des productions similaires du Honan et des nombreuses imitations qui en ont été faites depuis le XII^e siècle.

D'autre part j'ai examiné une pièce, qui peut être datée de la même époque que les fabrications précédentes, mais dont la pâte était translucide; le bord était dépourvu d'émail, ce qui m'a permis d'en faire l'analyse, que je résume dans le tableau suivant, en comparaison avec l'analyse d'une porcelaine chinoise faite par Salvetat, et celle de la porcelaine de Paris, faite par Laurent; on sait que la température de cuisson de ces deux dernières porcelaines est de l'ordre de 1300°.

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	CaO.	TiO^2.	MgO.
Chine (*Song*)........	71,66	21,11	1,41	1,18	0,20	0,44
Chine (XIX^e siècle)....	70,50	20,70	0,80	0,50	–	0,10
Paris..............	71,20	22,00	0,80	0,80	–	–

La composition de la pâte chinoise ancienne est sensiblement identique à celle des pâtes chinoises modernes et à celle de la porcelaine de Paris; cependant, j'ai observé que la pièce ancienne se déformait à une température inférieure à 1200°. J'ai, par suite, recherché les petites quantités d'un élément anormal susceptible d'expliquer ce fait, et trouvé un peu de plomb; cet élément figure en effet dans la composition de la couverte et produit la vitrification de la pâte dans laquelle il pénètre en raison de sa volatilité.

Il semble possible de conclure que la température à laquelle ont été réalisées les productions si remarquables de la Chine à l'époque Song n'est que rarement supérieure à 1200°; les céramistes ont su alors réaliser, à partir de kaolin additionné d'un peu de fondant, des compositions présentant la translucidité de la porcelaine, ou encore des grès qui restent les plus parfaites productions de ce type.

En somme les céramistes chinois ont, dès l'abord, utilisé comme matière première le kaolin, qui abondait dans leur pays, et ils ont adapté leur technique à cette matière unique pour compenser l'insuffisance de leurs moyens thermiques. En Europe, au contraire, l'emploi du kaolin a été tardif, mais dès sa découverte, on était déjà en mesure d'en faire de la porcelaine.

Une éventuelle pénurie de combustible redonne à ces techniques anciennes un cachet d'actualité pour notre pays; j'en poursuis la mise au point.

GÉOLOGIE. — *Sur diverses manières d'être de la glauconie dans la* couche verte *du Bajocien normand*. Note (¹) de M. **Louis Dangeard**, présentée par M. Charles Jacob.

L'*oolithe ferrugineuse* du Bajocien de Normandie, célèbre par sa richesse en fossiles, repose, à Sully et dans la falaise de Sainte-Honorine (Calvados), sur un calcaire jaune, phosphaté, parfois bréchoïde, dont la partie supérieure est irrégulièrement verdie. Ce calcaire contient des fossiles à patine verte et surtout des moules d'Ammonites (Zone à *Emileia Sauzei* d'Orb.).

Les phénomènes de verdissement (glauconitisation) sont très intéressants à étudier à ce niveau : la glauconie remplace partiellement le test des Mollusques, imprègne plus ou moins profondément le moule interne des fossiles ou le calcaire qui les contient, épigénise la calcite, forme des amas atteignant un demi-centimètre d'épaisseur etc.

Le plus souvent il est possible de démontrer que la glauconie s'est formée par substitution au carbonate de chaux, conformément à l'opinion de M. Cayeux (²). Ainsi, dans le cas des moules verdis, la glauconie ne forme pas un enduit; elle fait corps avec le calcaire du remplissage, soulignant quelquefois d'une manière remarquable le dessin des cloisons d'Ammonites, et il existe toutes les transitions entre des traînées à peine colorées dans le sédiment riche en calcaire et des parties vert foncé, ne faisant plus effervescence, mais contenant encore en inclusions de nombreuses cellules altérées de Schizosphères. Ces petites Algues planctoniques abondent dans le sédiment qui a pénétré à l'intérieur des coquilles, et aussi dans la gangue des fossiles. Les traînées calcaires montrent au microscope des taches ayant l'aspect d'amas bactériens. Les moules d'Ammonites, de Gastropodes et de Lamellibranches ont de la sorte acquis une patine spéciale, mais ils sont trop volumineux pour avoir été entièrement transformés; tandis que, pour les Foraminifères et les autres petits fossiles, la glauconie réalise des moules complets.

Les Algues perforantes jouent un rôle certain, bien que difficile à

(¹) Séance du 23 septembre 1940.

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1050.

délimiter exactement : elles sont observables, non seulement dans les coquilles, mais parfois aussi dans la gangue. Des cristaux de calcite sont même envahis par des tubes très fins, 2 à 4 de diamètre, formant un lacis dont la partie supérieure est minéralisée en glauconie. Il est vraisemblable que ces petites Algues ont été accompagnées de Bactéries : on observe souvent des filaments d'une finesse extrême et des bâtonnets qui pourraient appartenir à ce groupe. Obtenir une certitude sur ce point paraît impossible à première vue. J'ai cru cependant qu'un matériel d'étude aussi favorable méritait d'être signalé. Notons que, depuis longtemps, M. Cayeux ([2]) a été conduit à considérer que la glauconie était d'origine bactérienne.

En définitive il semble que, dans le sédiment calcaire, une microflore se soit développée après le remplissage des coquilles et la formation de calcite secondaire; la *maladie* s'est propagée aux dépens du carbonate de chaux, en provoquant des actions biochimiques qui aboutissent à un verdissement de plus en plus important.

J'ajouterai que l'étude de la précipitation du fer dans la couche suivante, c'est-à-dire au niveau des nodules ferrugineux, donne lieu à des remarques identiques : il y a développement intense d'Algues perforantes, substitution du fer au calcaire dans les feuillets des pisolithes etc. D'ailleurs, dans la couche verte, il arrive que le même fossile soit à la fois ferrugineux et glauconieux.

Récemment MM. J. Boucart et C. Francis-Bœuf ([3]) ont attiré l'attention sur le complexe d'origine organique, nommé par eux l'*algon*, qui prend part à la constitution des sables vaseux et des vases actuelles et qui peut résister longtemps en aquarium. D'un point de vue analogue, on peut penser que les microflores, qui continuent à se développer après le dépôt des sédiments, ont une grande influence sur la transformation de ceux-ci, et en particulier sur la précipitation de diverses substances minérales.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur un nouveau Péridinien fossile, à thèque originellement siliceuse.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Décrivant en 1933 le *Lithoperidinium oamaruense* ([1]), j'ai présenté la silicification originelle de la thèque comme la plus probable, l'opposant à l'hypothèse de la silicification secondaire d'une membrane cellulosique.

([2]) *Soc géol. de Belgique, Livre jubilaire*, 1924, p. 65.
([3]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 568.
([1]) *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, 58, 1933, p. 265.

En 1936 [2], j'ai signalé les découvertes d'Eisenack [3] venant à l'appui de mes vues. Or, dès 1932, M. Lefèvre a affirmé qu'il y avait eu substitution d'un test minéral au test cellulosique primitif [4]. Cette opinion, maintenue dans les Notes successives de cet auteur [5], a été adoptée par J. Schiller [6].

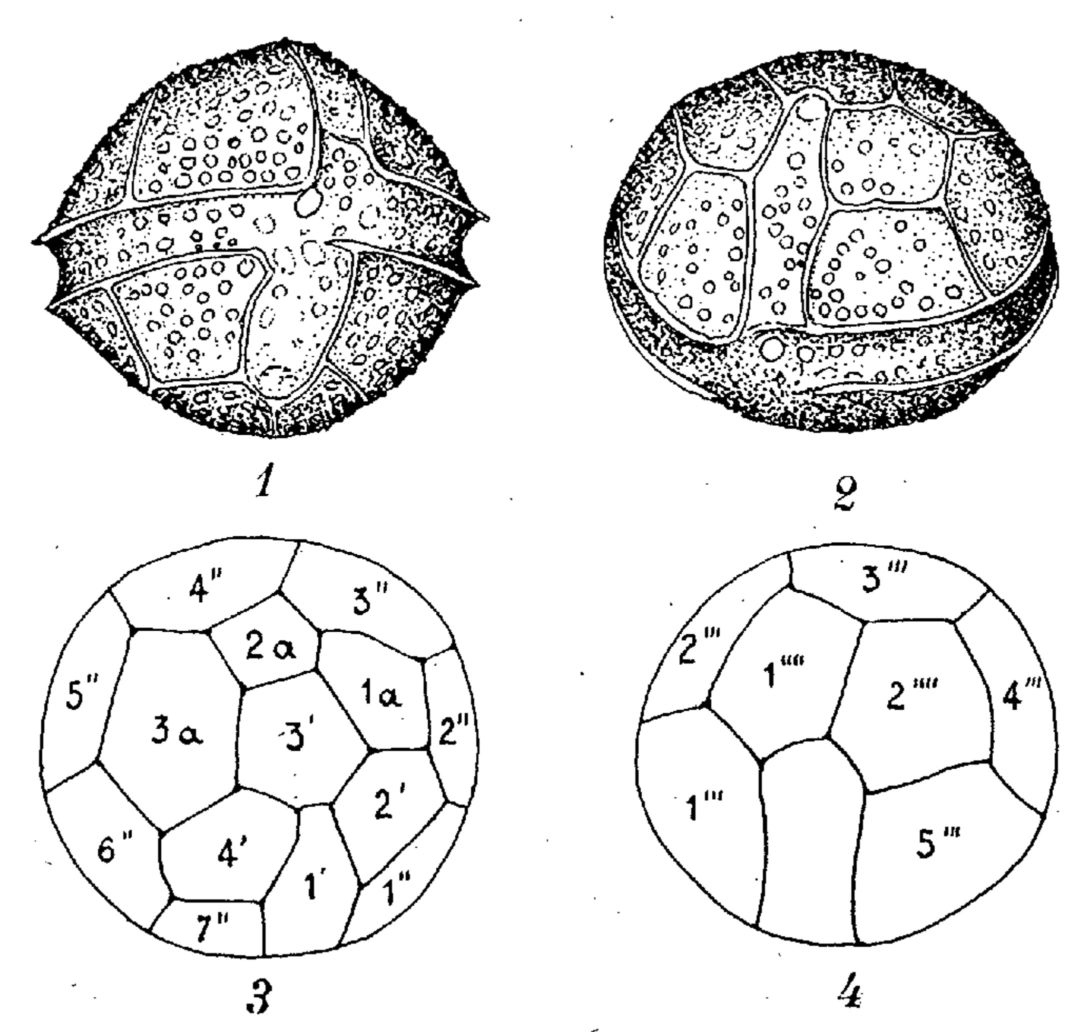


Fig. 1 à 4. — *Lithoperidinium rossicum* n. sp. 1, vue ventrale; 2, vue apicale oblique; 3, tabulation de l'épithèque; 4, tabulation de l'hypothèque. Grossissement 1000.

La découverte d'un nouveau Péridinien silicieux fossile, le *Lithoperidinium rossicum* [7] (*fig.* 1 à 4), m'incite à revenir sur cette discussion.

Les arguments mis en avant sont de deux ordres : géologique et biologique. Je renvoie pour le détail des arguments d'ordre géologique à ma

---

(2) Les Flagellés fossiles, *Actual. Scient. et Ind.*, n° 335, Paris, 1936.

(3) *Zeits. f. Geschiebeforsch.*, **11**, 1935, p. 167.

(4) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2316.

(5) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 81; *Bull. Mus.*, 2e série, 5, 1933, p. 415; *Ann. Crypt. exot.*, **6**, 1933, p. 215.

(6) *Rabenhorst's Kryptogamenflora*, X, Abt. III, Leipzig, 1937.

(7) Diverses raisons que j'exposerai ailleurs me conduisent à conserver le nom de genre *Lithoperidinium* Defl. pour les espèces décrites par moi. *Lithoperidinium rossicum* n. sp. possède les caractères suivants : thèque siliceuse sphéroïdale un peu aplatie, à sillon transversal à peine hélicoïdal; épi- et hypothèque sensiblement égales; sillon longitudinal très développé sur l'hypothèque; plaques et sillons perforés et reliés par des sutures aliformes; tabulation caractéristique du genre. Longueur 30-34 μ; largeur 34-39 μ. Provenance : diatomite paléocène de Kusnetzk (U. R. S. S.).

première Note de 1933. Eisenack (*loc. cit.*) a insisté sur un des plus importants : l'incompatibilité entre un processus de silicification secondaire et l'extrême finesse de la conservation des structures, tant chez les Dinoflagellés siliceux (comme *Lithoperidinium* ou *Peridinites*) que chez ceux qui sont conservés à l'état de matière organique imprégnée de silice (*Lithodinia*, *Deflandrea*, *Wetzeliella*). *Lithodinia* Eis. provient de calcaires jurassiques dans lesquels des fossiles en aragonite, éminemment épigénisables, *ne sont pas silicifiés*. Par ailleurs les diatomites qui ont livré les *Lithoperidinium* sont intactes, et n'ont pu être traversées par de la silice en mouvement, ce qui eût eu pour effet de les transformer, au moins partiellement, en silexites, comme cela s'est produit en Oranie ([8]).

En signalant ici *la troisième* localité de Péridiens siliceux fossiles, j'élimine le premier argument de M. Lefèvre (*loc. cit.*, p. 216) concernant la rareté de ces organismes, inadmissible d'après lui s'ils avaient été silicifiés originellement. D'autre part, le *Lithoperidinium rossicum* Defl., comme le *L. oamaruense* Defl., *est plus fréquent à l'état de thèque entière et intacte que brisé*, contrairement à ce qui se passe, selon Lefèvre, pour les *Peridinites* de La Barbade. Ce que j'ai observé dans des matériaux de la même provenance (petits organismes aussi souvent brisés que les Péridiniens) me permet d'affirmer que la rareté relative des thèques intactes est due ici à un phénomène mécanique et non à des raisons biologiques, comme le veut M. Lefèvre. L'argumentation qu'il développe largement sur ces bases erronées ne peut donc plus être maintenue.

On sait que de nombreux êtres vivants possèdent de la *silice de constitution* ([9]) et que, chez les plantes en particulier (Prêles par exemple), cette silice n'entrave pas la croissance. Comme l'a fait pertinemment remarquer Eisenack, nous ignorons tout de la forme sous laquelle la silice migre chez les végétaux. Les travaux de Willstätter et autres sur l'existence d'acides siliciques monomoléculaire et oligomoléculaire, hydrosolubles au sens strict, sont de nature à permettre de nouvelles explications de cette mobilisation de la silice et de son accumulation finale, sous forme d'opale. Pour ce qui regarde nos Péridiniens fossiles siliceux, l'objection de Lefèvre concernant les sutures doubles des plaques est sans valeur, car la cellule péridienne peu fort bien être (ou avoir été) capable de maintenir la silice

---

([8]) L. PERRUCHE, *Bull. Soc. franç. de Microsc.*, 7, 1938, p. 23.

([9]) L. KAHANE, *Bull. Soc. Philomat.*, 116, 1933, p. 27; G. ANTOINE, *Contribution à l'étude de certaines formes de la silice dans les tissus animaux* (*Thèse doct. sci.*, Paris, 1940).

de sa membrane sous un état permettant une variation de la taille. Ajoutons que la thèque, à l'état vivant, n'était sûrement pas uniquement siliceuse, mais silico-organique, la silice pouvant s'y présenter sous l'un des états suivants : solution adsorbable, sol, gel, opale, ce dernier état constituant un stade ultime.

Ainsi arguments géologiques et arguments biologiques concordent pour démontrer que la silice des *Lithoperidinium* est originellement une silice de constitution.

BOTANIQUE. — *Sur les conséquences systématiques de la dominance et de la récessivité des caractères spécifiques dans les croisements.* Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai attiré précédemment l'attention, à propos de la réalisation expérimentale du croisement de *Bromus arduennensis* Dmrt. avec *B. arvensis* L., sur les difficultés de la détermination spécifique d'un tel hybride, qu'il y a peu de chances de rencontrer au voisinage des parents, ces plantes annuelles se trouvant à chaque saison dispersées au hasard par les opérations agricoles. Les caractères essentiels de *B. arduennensis* (forme des glumes et glumelles, oreillette, triple arête etc.) se montrent en effet récessifs dans le croisement, l'hybride ne différant de *B. arvensis* que par des traits peu caractéristiques, tels que la dimension un peu plus grande des pièces florales, la panicule plus robuste etc., qui pourraient aussi bien résulter, ainsi que je l'indiquais alors, de l'intervention d'autres espèces, comme *B. grossus* var. *nitidus* Dmrt. par exemple [1]. Cette prévision se trouve exactement vérifiée par l'expérience, les caractères du nouvel hybride, *B. grossus nitidus* × *arvensis* ou *B. arvensis* × *grossus nitidus*, étant tout à fait semblables à ceux du précédent; ce qui est aussi d'accord avec l'existence d'une étroite proximité phylétique entre les deux espèces croisées avec *B. arvensis* [2].

Il en est cependant tout autrement si au lieu de la var. *nitidus* (à épillets glabres) de *B. grossus*, on s'adresse à la forme typique de l'espèce (ép. velus). Les caractères de cette dernière se comportent en effet comme dominants, et l'hybride ressemble étroitement à *B. grossus* typique : ses épillets sont gros et velus, et leurs pièces florales nettement plus grandes que chez les deux hybrides précédents, qui se rapprochent davantage, à

(1) *Comptes rendus,* 205, 1937, p. 496.
(2) *Comptes rendus,* 211, 1940, p. 143.

cet égard, de *B. arvensis*. Notons toutefois que la participation de *B. arvensis* peut être décelée par un caractère habituellement négligé dans les descriptions, mais qui se retrouve constamment dominant chez les hybrides dérivés de cette espèce : les anthères sont longues et étroites, pendantes au moment de l'anthèse, au lieu d'être courtes et dressées comme chez l'autre parent.

On voit par ces divers exemples qu'il peut y avoir plus de différences entre deux hybrides provenant de variétés de la même espèce (*B. grossus* typique et var. *nitidus*) qu'entre deux autres réalisés à partir d'espèces morphologiquement plus éloignées (*B. grossus nitidus* et *B. arduennensis*).

De toute façon, la formule couramment employée pour la description des échantillons présumés hybrides récoltés dans la nature : « *caractères intermédiaires entre ceux des parents* », se montre loin de correspondre, en général, à la réalité expérimentale. Au contraire, à part quelques combinaisons intermédiaires (par exemple dimensions des pièces florales des deux premiers hybrides ci-dessus), nous constatons que, pour chaque caractère considéré indépendamment (gène ou facteur héréditaire), l'hybride présente uniquement le type de l'un ou de l'autre des parents, dominant en ce qui concerne ce caractère, tandis que le caractère opposé reste latent (récessif), bien que le gène correspondant soit toujours présent, puisqu'il s'agit d'hybrides de première génération.

Nous retrouvons donc ici les mêmes lois que celles qui président à la manifestation des caractères des hybrides étudiés par les génétistes, bien que leurs recherches portent le plus souvent sur les hybrides intervariétaux, réalisés entres les membres d'une même espèce, qui sont choisis de préférence à cause de leur aptitude à fournir une descendance. Mais il s'y ajoute, dans le cas des hybrides interspécifiques, divers problèmes systématiques, résultant notamment de leur stérilité habituelle, qui ne permet de les étudier qu'en F_1 (sans disjonction ni retour aux parents par conséquent), et de l'incertitude de la détermination des parents présumés, qu'il serait nécessaire de connaître pour l'identification systématique des échantillons. Quelques nouveaux exemples me paraissent susceptibles de faire ressortir plus nettement certaines de ces difficultés.

On a vu que *B. arduennensis* se montre récessif dans le croisement avec *B. arvensis*; il en est de même avec *B. macrostachys* Desf., *B. secalinus* L., *B. grossus* et sa var. *nitidus*. La récessivité de cette espèce ne permet donc de reconnaître son intervention que si les hybrides formés sont fertiles, comme cela a lieu pour les trois derniers cités, et dans ce cas en F_2 seulement.

Un exemple inverse est fourni par *B. macrostachys*, dont la dominance est complète dans ses croisements avec *B. arduennensis*, *B. grossus nitidus*, *B. arvensis*, *B. squarrosus* L. Ces divers hybrides sont pratiquement indiscernables, et se séparent à peine de *B. macrostachys* par un développement luxuriant, fréquent chez les hybrides (hétérosis). Seul se reconnaît l'hybride obtenu avec *B. arvensis*, par le caractère staminal signalé plus haut, dont on voit ici l'importance.

Enfin un autre cas est celui des hybrides de *B. grossus*, celui-ci se montrant dominant à l'égard de *B. arvensis* et de *B. arduennensis*. L'espèce et les hybrides peuvent se confondre avant la fécondation; dans la suite, la stérilité du premier révèle seulement son hybridité. Mais le second, fertile et identique à *B. grossus*, ne s'en distinguera qu'en F_2, où a lieu la disjonction ([3]).

Cette série d'exemples, où la dominance et la récessivité portent sur les caractères principaux qui servent à la détermination des espèces, montre que, dans les cas de ce genre, seul le parent dominant peut être décelé en F_1; le récessif étant indéterminable si l'hybride est stérile, ou reconnaissable seulement en F_2, s'il est fertile.

Dans ces conditions il peut paraître souvent aléatoire ou arbitraire d'assigner une position systématique strictement définie aux hybrides récoltés dans la nature; et l'on voit d'autre part la nécessité d'établir méthodiquement, par des séries de croisements expérimentaux, les relations de dominance et de récessivité des divers caractères spécifiques.

BACTÉRIOLOGIE. — *Thermosensibilité et dimensions des bactériophages.* Note de M. **Eugène Wollman** et Mme **Élisabeth Wollman**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'action de la chaleur sur les bactériophages; action sur laquelle on ne possède que des données fragmentaires et ayant trait, presque exclusivement, aux températures d'inactivation de quelques-uns d'entre eux.

Pour d'Hérelle, tous les bactériophages sont détruits en 30 minutes à 75°. Pour d'autres auteurs, il y aurait de grandes différences dans la thermosensibilité des divers bactériophages, les uns étant inactivés en 30 minutes à 61°, tandis que d'autres ne sont détruits qu'à 80° ou même 85°. Krueger a étudié l'inactivation par la chaleur d'un bactériophage staphylococcique

([3]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 696.

en fonction du temps et a trouvé qu'elle s'exprime par une courbe logarithmique.

Nos recherches ont porté sur des bactériophages dont les dimensions étaient données soit directement, par les résultats de l'ultrafiltration et de l'ultracentrifugation, soit indirectement, par leur comportement aux rayons X. Les bactériophages sont étendus avec du bouillon de manière à donner, en présence du germe sensible, plusieurs centaines de plages. Ces dilutions sont portées dans un bain-marie réglé à la température voulue. Une goutte de la dilution non chauffée, ainsi que de chaque échantillon chauffé, est ensuite étalée sur de la gélose nutritive, en présence du germe sensible.

Après incubation à 37°, on procède à la numération des plages, c'est-à-dire des corpuscules bactériophages contenus dans les échantillons témoin et chauffés.

L'inactivation des bactériophages par la chaleur se fait suivant une loi exponentielle. Voici, à titre d'exemple, une expérience portant sur le bactériophage dysentérique C 16.

Température du bain-marie, 55°.

Durée d'exposition (en minutes)...	15.	45.	60.	180.	240.	420.
Proportion (%) de corpuscules actifs	88	66	52	25	11	1,4
Valeurs calculées pour une courbe exponentielle simple.	88	66	58	20	11	2,3

D'autre part la proportion de corpuscules bactériophages ayant résisté pendant un temps déterminé à une température donnée est, d'une façon générale, d'autant plus élevée que les corpuscules sont plus grands.

TABLEAU I.

Bactériophage.	Dimensions.	Proportion d'éléments résistant aux rayons X. (225 000 r.).	Proportion d'éléments ayant résisté 3 heures à 55°.
1. Dysentérique S 13....	10– 12 mμ	80 %	0; (6 % après 10 min.)
2. Dysentérique C 16....	50– 75 »	15 »	25 %
3. Typhique 105........	60– 90 »	15 »	30 »
4. Subtilis.............	100–120 »	3 »	?; (75 % après 8 heures)

Le même fait ressort d'expériences sur la thermostabilité de deux bactériophages streptococciques.

Le comportement de ces bactériophages aux rayons X permet de leur assigner, approximativement, les dimensions des bactériophages dysentériques C 16 et S 13, à savoir, 50-75 mμ et 10-12 mμ respectivement.

TABLEAU II (¹).

Bactériophage.	Dimensions.	Proportion d'éléments résistant aux rayons X.		Proportion d'éléments résistant à 55°.	
1. Dysentérique S 13....	10–12 mμ	37 %	à 150000 r.	6 %	après 10 min.
2. Streptococcique B 563.	?	33 %		0 »	
3. Dysentérique C 16....	50–75 mμ	30 %	à 60000 r.	25 %	après 3 heures
4. Streptococcique D 693.	?	20 %		20 »	

On voit par ces résultats que la thermosensibilité des bactériophages est, en général, d'autant plus marquée qu'ils sont plus petits et plus radiorésistants. Dans certains cas, pourtant, cette règle semble être en défaut. C'est ainsi que le bactériophage Coli 36, de petite taille (20-30^{mm}), s'est montré fortement thermorésistant. Par contre, le bactériophage du *B. megatherium*, de taille moyenne (30-40^{mm}), est rapidement inactivé. Toutefois le rapport relevé entre la thermosensibilité et les dimensions des bactériophages se vérifie pour la grande majorité des cas étudiés jusqu'ici et mérite d'être signalé. Ce rapport paraît s'interpréter le mieux (F. Holweck) dans l'hypothèse que les facteurs lysogènes sont des structures monomoléculaires.

Guidé par cette notion, notre collègue P. Grabar a réuni les données existantes sur les poids moléculaires des protéines, ainsi que sur leurs températures de coagulation. Nous en rapportons quelques-unes dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU III.

Protéine.	Poids moléculaire.	Température de coagulation.
Bence-Jones	35000	50-58°
Ovalbumine	36-42000	56
Hémoglobine	68000	64
Sérumalbumine	68000	67
Sérumglobuline	180000	75
Hémocyanine	2 à 7000000	68-72
Virus-protéine de la mosaïque du tabac	17000000	94

Compte tenu des réserves qui s'imposent dans l'appréciation de données recueillies dans des conditions souvent dissemblables, la relation signalée entre les dimensions moléculaires et la thermosensibilité des protéides paraît se vérifier assez largement.

La séance est levée à 15^{h}25^{m}.

A. Lx.

(¹) Les résultats d'irradiation consignés dans les tableaux I et II ont été obtenus dans des conditions différentes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 OCTOBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que la Séance publique annuelle aura lieu le lundi 23 décembre 1940.

CORRESPONDANCE.

M. le **Directeur du Centre national de la recherche scientifique** prie l'Académie de désigner celui de ses membres qui fera partie du *Jury des prix Barès*, en remplacement de M. *J.-L. Breton* décédé.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certains éléments permutants du tétraèdre.* Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai considéré (¹) certains éléments *solidaires* dans un tétraèdre $\mathcal{T}$ par rapport à un second tétraèdre $\mathcal{T}_p$, dit *principal*, $\mathcal{T}$ et $\mathcal{T}_p$ formant un *couple harmonique* de deux tétraèdres réciproquement autopolaires. Un nouveau point de vue me permettra de compléter les groupements étudiés et leurs propriétés.

Le tétraèdre $\mathcal{T}_p \equiv L_1 L_2 L_3 L_0$ dépend du choix des masses affectées aux sommets du tétraèdre de base $\mathcal{T} \equiv ABCD$, conçus comme points-masses, ou du système de coordonnées principales ainsi défini; ses sommets (et

---

(¹) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 220.

leurs masses) résultent des relations

(1) $2L_1 = A - B - C + D, \quad 2L_2 = -A + B - C + D, \quad \ldots, \quad 2L_0 = A + B + C + D,$

et les expressions des $J = A, B, C, D$ en fonction des L_i ($i = 1, 2, 3, 0$) montrent la réciprocité indiquée. Mais chacun des tétraèdres $\mathcal{T}$, $\mathcal{T}_p$ s'obtient, à partir de l'autre et d'un premier sommet arbitraire, par les involutions biaxiales attachées aux paires d'arêtes opposées du tétraèdre initial. Écrivons, pour $\mathcal{T}_p$, ces opérations sous la forme des quotients extensifs de Grassmann

$$(2)\quad \begin{cases} \mathcal{S}_1 = \dfrac{L_1, -L_2, -L_3, L_0}{L_1, L_2, L_3, L_0} = \dfrac{D, C, B, A}{A, B, C, D}, \\ \mathcal{S}_2 = \dfrac{-L_1, L_2, -L_3, L_0}{L_1, L_2, L_3, L_0} = \dfrac{C, D, A, B}{A, B, C, D}, \\ \mathcal{S}_3 = \dfrac{-L_1, -L_2, L_3, L_0}{L_1, L_2, L_3, L_0} = \dfrac{B, A, D, C}{A, B, C, D}. \end{cases}$$

Entre ces transformations existent les relations

$$(3)\quad \mathcal{S}_2\mathcal{S}_3 = \mathcal{S}_3\mathcal{S}_2 = \mathcal{S}_1.$$

Soient, dans $\mathcal{T}$, x, y, z, t les coordonnées principales d'un point P_0 transformé par $\mathcal{S}_1$, $\mathcal{S}_2$, $\mathcal{S}_3$ en P_1, P_2, P_3 : le quadruple de points $P_1(t, z, y, x)$, $P_2(z, t, x, y)$, $P_3(y, x, t, z)$, $P_0(x, y, z, t)$ est un système de points solidaires dans $\mathcal{T}$ pour le système de coordonnées principales adopté. Comme on le constate aussitôt, *un quadruple de points solidaires dans le système* ($\mathcal{T}, p$) *est formé des sommets d'un tétraèdre* Θ *tel que le couple* Θ, $\mathcal{T}_p$ *soit harmonique*. De même, *les plans d'un quadruple, solidaires d'un système* ($\mathcal{T}, p$), *sont les faces d'un tétraèdre* Θ *d'un couple harmonique* Θ, $\mathcal{T}_p$.

Les droites (et plus généralement les noyaux des complexes linéaires) sont constituées linéairement avec les éléments [BC], ..., [DC] sur lesquels agissent les carrés extensifs des opérations $\mathcal{S}_i$. Si Δ_0 est une droite ainsi transformée en Δ_1, Δ_2, Δ_3, les formules (2) donnent

$$(4)\quad \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_0 = 0,$$

donc *une droite et ses transformées par les involutions biaxiales d'un tétraèdre* $\mathcal{T}_p$ *forment, si trois d'entre elles sont distinctes, un quadruple hyperboloïdique* (*q. h.*) *de droites solidaires dans le système* ($\mathcal{T}, p$). Un tel q. h. est conservé par les opérations $\mathcal{S}_i$, ainsi que la quadrique qui le porte. Réciproquement, *une quadrique* (*réglée*) *conservée par le groupe* $\mathcal{S}_i$ *porte*,

en général (²), $2\infty^1$ *q. h. de droites solidaires dans le système* $(\mathcal{C}, p)$. Les quadriques K ainsi définies à partir d'une droite Δ_0 *arbitraire* forment un système à $4-1=3$ paramètres dont l'équation ponctuelle, en coordonnées $(\mathcal{C}, p)$ ou $(\mathcal{C}_p, p)$ respectivement, est

$$(5)\qquad m_0(x^2+y^2+z^2+t^2)+2m_1(yz+tx)+2m_2(zx+ty)+2m_3(xy+tz)=0;$$

$$(6)\qquad \mu_1X^2+\mu_2Y^2+\mu_2Z^2+\mu_0T^2=0.$$

Par suite *le groupe des quadriques* K (*conservées par les* $\mathcal{S}_i$) *est le système linéaire des quadriques conjuguées au tétraèdre* $\mathcal{C}_p$. Entre (5) et (6) on a

$$(7)\qquad \begin{cases} 2\mu_1=m_1-m_2-m_3+m_0, \qquad 2\mu_2=-m_1+m_2-m_3+m_0, \qquad \ldots, \\ 2\mu_0=m_1+m_2+m_3+m_0, \end{cases}$$

et l'équation tangentielle d'une quadrique K est de même forme que l'équation ponctuelle. Les quadriques K comprennent des réseaux linéaires de quadriques circonscrites ou inscrites à $\mathcal{C}$. Les polarités définies par les quadriques K forment un groupe.

Dans le système $(\mathcal{C}, p)$ la matrice d'une quadrique K est

$$(m)=\begin{pmatrix} m_0 & m_3 & m_2 & m_1 \\ m_3 & m_0 & m_1 & m_2 \\ m_2 & m_1 & m_0 & m_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_0 \end{pmatrix};$$

une telle matrice est la transformée d'une matrice diagonale (μ) *du système* $(\mathcal{C}_p, p)$. Les formules (7) montrent la possibilité de faire correspondre à toute quadrique K, sous forme ponctuelle ou tangentielle, un quadruple de plans ou de points solidaires $(\mathcal{C}, p)$, faces et sommets d'un tétraèdre Θ, les lignes de (m) étant formées des coordonnées des plans de Θ dans le système $(\mathcal{C}, p)$: *à toute quadrique* K (*conservée par le groupe* $\mathcal{S}_i$) *correspond le tétraèdre* Θ *polaire de* $\mathcal{C}$ *par rapport à* K; *réciproquement tout couple harmonique* $\mathcal{C}_p$, Θ *définit une quadrique* K.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le calcul expérimental des effets de torsion.* Note (¹) de MM. **Joseph Pérès** et **Lucien Malavard**, présentée par M. Henri Villat.

1. Passons, après le cas particulier envisagé (p. 180 de ce volume), au cas d'une section droite polygone, dont les côtés sont respectivement paral-

(²) J'écarte par là trois faisceaux linéaires de quadriques.

(¹) Séance du 26 août 1940.

lèles à Ox et à Oy, mais présentant des angles rentrants. Un modèle du type indiqué au n° 2 de notre Note précédente (parois parallèles à Ox isolantes, parois parallèles à Oy munies d'électrodes aux potentiels Fy) ne peut donner la fonction v cherchée puisqu'il ne représente pas les singularités du champ aux angles rentrants; d'ailleurs les parois isolantes assurent seulement que u soit constant sur les divers côtés parallèles à Ox et, si l'on prend $u = 0$ sur l'un de ces côtés, on aura des valeurs qui peuvent être différentes de zéro, et le sont effectivement, sur les autres.

2. Des modèles corrects ne peuvent être établis qu'en matérialisant, comme l'a indiqué L. Malavard [2], les singularités. Au voisinage immédiat d'un rentrant, le terme principal de la fonction analytique $u + iv$ [en $(z - z_0)^{-1/3}$, comme on l'a vu] définit la forme des lignes potentielles ($v =$ const.) et des lignes de courant ($u =$ const.); on limitera le champ par un arc de ligne potentielle, formant une *électrode d'angle*, et par un arc de ligne de courant (isolant), de façon à en exclure le point singulier même. Chaque côté du bassin parallèle à Oy porte ainsi les petites électrodes e, à régler aux potentiels Fy, et, éventuellement, des *électrodes d'angle* (rentrant), dont les conditions d'alimentation sont *a priori* inconnues.

On peut alors envisager un réglage tel que u prenne la *même* valeur constante (par convention nulle) sur chaque côté du modèle parallèle à Ox. Il faudra pour cela que, pour chacun des côtés parallèles à Oy, l'intensité globale du courant arrivant au bassin par les électrodes e et les électrodes d'angle (éventuelles) soit nulle. Cette condition sera sûrement satisfaite si, suivant l'artifice indiqué au n° 5 (p. 131 de ce volume), on fait le montage de façon à assurer l'alimentation indépendante de chaque groupe d'électrodes devant débiter une intensité globale nulle. Le réglage ne concerne plus, dans ces conditions, que les électrodes e, dont les potentiels doivent être établis aux valeurs Fy, en agissant sur l'alimentation de ces électrodes et sur celle des électrodes d'angle; il aboutit par des tâtonnements convenablement dirigés.

3. De tels modèles ont été expérimentés avec succès dans le cas d'un fer cornière à ailes limitées et dans le cas d'une cornière dont les ailes sont assez longues pour qu'elles puissent être traitées comme illimitées. Dans ce dernier cas, les valeurs des tensions déterminées au bassin pouvaient être comparées à celles obtenues par le calcul (Trefftz). Sur le côté extérieur de la cornière, l'accord est très bon, le maximum de tension obtenu au

---

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 39.

bassin étant seulement un peu trop faible, de l'ordre de 1/100^e environ. Au bord intérieur, les résultats du bassin sont de même satisfaisants, sauf au voisinage de l'angle rentrant où ils deviennent un peu trop faibles; mais, dans cette région, il est aisé de les corriger théoriquement, en tenant d'ailleurs compte, dans tous les cas pratiques, du rayon de congé.

Ajoutons que, compte tenu des symétries, le modèle relatif à une cornière limitée peut, avec des modifications simples et évidentes dans les parois et le réglage, servir à l'étude d'un fer en **U** ou en **T** (dont il représente la moitié) ou d'un fer en **I** ou en **+** (dont il représente le quart).

4. Renvoyant, pour plus de détails, à un Mémoire à paraître, nous ajouterons quelques remarques sur la détermination du réglage exposé au n° 2 ci-dessus.

On démontre que le polygone de section (côtés parallèles à Ox ou à Oy) ayant $2n$ côtés, le nombre de ses angles saillants est $n+2$, celui de ses angles rentrants $n-2$: il suffit de raisonner par récurrence, décomposant ce polygone en deux, d'un nombre moindre de côtés, en prolongeant l'un des côtés qui aboutissent à un rentrant.

Le potentiel cherché peut être considéré comme de forme

$$v = v_0 + m_1 v_1 + \ldots + m_i v_i + \ldots + m_{n-2} v_{n-2};$$

v_0 étant le potentiel que l'on obtiendrait dans le bassin *sans électrodes d'angle* ($v_0 = Fy$ ou $dv_0/dn = 0$ respectivement sur les côtés parallèles à Oy ou à Ox); l'indice i désignant les divers angles rentrants et v_i étant le potentiel obtenu *avec la singularité indiquée au seul angle rentrant de numéro d'ordre* i et, d'autre part, $v_i = 0$ ou $dv_i/dn = 0$ respectivement sur les côtés parallèles à Oy ou à Ox; enfin les m_i étant des constantes. La fonction conjuguée a une forme analogue

$$u = u_0 + m_1 u_1 + \ldots + m_i u_i + \ldots + m_{n-2} u_{n-2},$$

u_0 et les u_i étant respectivement conjuguées de v_0 et des v_i. Cette fonction u, qui est constante sur n'importe quel côté parallèle à Ox, doit prendre *la même valeur sur chacun de ces côtés* : cela donne un système de $n-1$ équations linéaires aux m_i, lesquelles se réduisent à $n-2$ distinctes et qui sont *indépendantes*; par un raisonnement usuel en ces questions, on vérifie en effet que le système homogène ne peut avoir de solutions non identiquement nulles.

PHYSIQUE. — *Coagulation des fumées de magnésie.*
Note de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étudier la coagulation des fumées de magnésie, produites dans une chambre cubique étanche de $0^m,50$ de côté, par la combustion de magnésium en poudre mélangé avec du perchlorate de potassium, ce dernier servant à amorcer la réaction.

En examinant au microscope les particules de fumée qui se déposent sur une lame de verre, on constate qu'elles sont constituées par de petits cristaux, dont les dimensions sont voisines de $0^{\mu},3$. Ces cristaux apparaissent séparés lorsque les fumées ont été recueillies peu de temps après l'explosion du mélange et que la fumée est peu épaisse. Ils se montrent ensuite réunis en fumerolles d'autant plus développées qu'elles ont été recueillies plus longtemps après l'explosion et que la quantité du mélange perchlorate-magnésium était plus importante. Ces fumerolles sont formées de chaînes plus ou moins ramifiées de dimensions variables.

Le nombre de particules en suspension dans la chambre par unité de volume à un instant donné, a été déterminé en utilisant la méthode déjà employée par R. Whytlaw-Gray, W. Cawood et H. S. Patterson [1] : celle-ci consiste à capter un petit volume de fumée dans un récipient de quelques centimètres cubes, ayant la forme d'un parallélépipède, qu'on peut remplir en le commandant de l'extérieur de la chambre. On laisse la fumée se déposer sur la paroi plane horizontale inférieure, constituée par une lame de verre, sur laquelle on peut déterminer au microscope le nombre de particules par unité de surface; connaissant la hauteur du récipient, on en déduit le nombre cherché à 6 ou 7 % près.

La chambre contient six de ces récipients, remplis successivement de fumée à dix minutes d'intervalle, l'ensemble de ces opérations constituant un essai.

Ce dispositif a été utilisé pour vérifier la formule bien connue

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{N_0} + Kt, \qquad (1)$$

où N représente le nombre de particules présentes dans l'unité de volume à l'instant t, K un coefficient dont nous avons calculé la moyenne sur

(1) *Trans. Farad. Soc.*, 32, 1936, p. 1056.

chaque essai, après avoir vérifié la relation (1), t étant exprimé en minutes depuis le moment où a eu lieu l'explosion.

Nous avons caractérisé chaque essai par la densité d de la fumée, ou masse de magnésie MgO par centimètre cube, calculée à partir de la masse de magnésium introduite dans la chambre, et nous avons trouvé le résultat remarquable suivant : lorsque la densité d est inférieure à $0^{mg},258$ par centimètre cube, on constate que le coefficient K est voisin de $0,5.10^{-7}$; lorsque cette densité est supérieure à $0^{mg},309$ par centimètre cube, on trouve que K est voisin de 10^{-7}.

Le tableau suivant représente l'ensemble des résultats que nous avons obtenus pour deux séries d'essais.

d	0,043.	0,086.	0,172.	0,258.	0,309.	0,326.	0,344.	0,430.	0,516.	0,622.
$K.10^7$, 1re série	0,51	0,54	0,54	0,49	1,06	1,00	1,00	1,00	0,97	1,06
$K.10^7$, 2e série	0,52	0,55	0,54	0,52	0,98	0,98	1,10	1,10	1,01	0,98

Les tableaux suivants donnent les valeurs de N et 1/N en fonction du temps, pour les densités $d = 0,258$ et $d = 0,309$, et montrent que l'équation (1) est vérifiée de façon satisfaisante.

$d = 0,309$.

Temps en minutes	10.	20.	30.	40.	50.	60.
$N.10^{-6}$	1,00	0,51	0,34	0,24	0,20	0,17
$1/N.10^6$	1,00	1,98	2,94	4,16	5,00	5,90

$d = 0,258$.

Temps en minutes	10.	20.	30.	40.	50.	60.
$N.10^{-6}$	0,65	0,48	0,40	0,31	0,27	0,24
$1/N.10^6$	1,54	2,08	2,50	3,22	3,70	4,16

Par contre, cette équation ne se vérifie pas pour les valeurs intermédiaires de la densité.

Les valeurs de K, trouvées lorsque la densité est inférieure à $0^{mg},258$ par centimètre cube sont comparables à celles qu'avaient obtenues R. Whytlaw-Gray, W. Cawood et H. S. Patterson (*loc. cit.*, p. 1060) avec des fumées d'oxyde ferrique; par contre, d'après les travaux de G. Nombrebel, J. Colvin et H. S. Patterson [2] sur les fumées de chlorure d'ammonium, le coefficient K serait indépendant de la densité de la fumée.

Il semble peu probable que cette variation brusque de la valeur de K en

---

[2] *Proc. Roy. Soc. London*, A, 46, 1927, p. 548.

fonction de la densité soit d'origine chimique (formation d'hydrate ou de carbonate dépendant de la quantité de magnésie en suspension dans la chambre), car le diagramme de poudre aux rayons X, obtenu avec des particules correspondant à des fumées de faible et de grande densité, a donné le même résultat, montrant que ces particules sont toujours constituées par de la magnésie cristallisée MgO.

La théorie de Schmoluchowski [3], valable pour des fumées à particules sphériques et de dimensions homogènes, permet de calculer la valeur de ce coefficient en s'appuyant sur des considérations cinétiques; elle conduit, dans ce cas, à admettre que le paramètre caractérisant le rayon d'action d'une particule passe du simple au double lorsque la densité de la fumée de magnésie passe de $0^{mg},258$ à $0^{mg},309$ par centimètre cube. H. S. Patterson, R. Whytlaw-Gray et W. Cawood [4] montrent que K augmente lorsque les dimensions des particules qui constituent la fumée ne sont pas homogènes; il ne nous a pas été possible d'appliquer ici leurs conceptions, puisque nous ne pouvons apprécier les dimensions des fumerolles avec une précision suffisante.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une stilliréaction du cuivre.* Note de M. Clément Duval, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué, en collaboration avec Jean Lecomte [1], la préparation d'un écran sensible aux radiations infrarouges et constitué par un complexe interne de cuivre et d'hématoxyline. Au cours de cette fabrication, j'ai noté quelques observations pouvant conduire à une stilliréaction du cuivre bivalent. En réalité la méthode proposée est une combinaison de la microanalyse et de l'analyse chromatographique.

La matière première est soit une plaque ou un film photographique (ni ortho ni panchromatique) débarrassé des sels d'argent par immersion dans le thiosulfate de sodium, soit une plaque de verre sur laquelle une couche de gélatine pure est coulée, soit encore une lame épaisse de cellophane incolore. L'un de ces objets est plongé pendant 10 minutes dans une solution de 10^{g} d'hématoxyline par litre d'eau distillée préparée dans un

(3) *Z. Phys. Chem.*, 5e série, **92**, 1918, p. 129.
(4) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **124**, 1929, p. 514.

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 205.

appareil de verre et, par suite, exempte de cuivre. Le rinçage est effectué dans cette même eau et le séchage a lieu dans un dessiccateur à chaux vive; la plaquette obtenue doit avoir une teinte jaune pâle et non rose. Elle est placée sur la platine du microscope en évitant l'emploi des brides de laiton et reçoit une goutte de 1/100 cm^3 de solution cuivrique. L'observation a lieu avec des grossissements compris entre 75 et 250. Dès que la microgoutte est posée, on observe une zone centrale grise ou verte parfois incomplètement bordée d'un fin liséré, de couleur feu, puis, la diffusion se produisant, une couronne violette apparaît; elle se résout en 2 ou 3 minutes en deux autres, l'une intérieure bleu ciel, l'autre extérieure rose. La frange blanche de Becke, primitivement intérieure à ces couronnes, vient progressivement à l'extérieur de la partie colorée sans changement de la mise au point. Avec un grossissement puissant, les deux couronnes bleue et rose apparaissent sillonnées d'anneaux de Liesegang.

Cet ensemble de colorations est absolument *spécifique du cuivre bivalent.* La sensibilité absolue est inférieure à $0^{\gamma},03$ et la sensibilité relative est 6.10^{-5}. Pour les faibles dilutions, il faut parfois attendre une dizaine de minutes et les anneaux peuvent être incomplets. Cependant, il ne faut pas examiner la préparation lorsque le solvant est évaporé.

Le cuivre monovalent ne donne pas la réaction. Pour le cuivre bivalent, la sensibilité limite est indépendante de l'anion (chlorure, sulfate, azotate). L'aspect est complètement différent en solution ammoniacale; on observe seulement un anneau violet foncé et non l'anneau rose; c'est avec une solution cuivrique de pH 6,2 que le phénomène est le plus net.

Celui-ci peut s'interpréter de la façon suivante. La zone bleue est due à un complexe interne de cuivre, d'hématoxyline et de gélatine qui peut être isolé à l'état floculé. La zone rose est provoquée par les cations H de la solution, lesquels étant animés de la plus grande vitesse se portent à la périphérie et modifient la structure de l'hématoxyline qui est un indicateur virant entre les pH 5 et 6 du rose au violacé.

Comme vérification, on peut remarquer que de nombreuses solutions salines normalement hydrolysées (sels de zinc, d'étain etc.) provoquent la formation de cette zone rose seule. Si maintenant dans les tubes d'une centrifugeuse on dispose une solution de sulfate de cuivre de pH 6,2 avec un excès d'une solution récente d'hématoxyline, l'ensemble est initialement bleu et limpide. Au bout d'une minute de rotation, soit 2400 tours, la solution est devenue violette; son pH est 5,5; au bout de deux minutes, le rose domine (pH 5,1); après trois minutes, un précipité bleu s'est

formé et la liqueur surnagente rose indique un pH égal à 4,2. L'aspect reste le même en présence d'une trace de gélatine, les valeurs du pH étant légèrement décalées.

Les ions nickel, cobalt, ferreux, ferrique, zinc, manganèse, céreux, cérique, uranyle, vanadyle, pertitanique, mercureux, mercurique, étain, antimoine, thallium, plomb, bismuth, cadmium, aluminium, chrome, chromique, bichromique, glucinium, alcalino-terreux et alcalins, platinique, cyanure, sulfocyanure, ferri et ferrocyanure donnent généralement une tache vert sombre avec, le plus souvent, un liséré noir grisâtre et ne troublent en aucun cas la réaction du cuivre. L'ion permanganique fournit un anneau jaune d'or; il en résulte qu'en présence de cuivre, les zones bleue et rose qui diffusent avec la même vitesse moyenne deviennent respectivement verte et orange.

Les sels d'argent donnent un large anneau de couleur feu. Les effets se superposent encore avec le cuivre, et l'on peut reconnaître ainsi une partie d'argent dans 5400 parties de cuivre (solution des deux nitrates). On s'explique maintenant la présence du liséré observé avec certains sels de cuivre du commerce qui contiennent effectivement une trace d'argent. La présence de l'anneau fauve se manifeste également en laissant intentionnellement un peu de sel d'argent dans la plaque photographique initiale. Les sels d'or donnent un large anneau violacé à une distance relativement grande de la tache centrale; en présence de cuivre, la frange blanche intermédiaire disparaît pour faire place aux anneaux habituels bleu et rose. Enfin, avec un mélange de sels de cuivre, or, argent (solution de tiers-argent), on observe, en allant du centre vers la périphérie, un anneau vert, un anneau orange (argent+cuivre), l'anneau caractéristique de l'or, puis une zone rose plus ou moins diffuse due à l'acidité du milieu.

En remplaçant l'hématoxyline par l'hématéine, on trouve des colorations identiques à toutes celles qui viennent d'être signalées, mais beaucoup moins nettes et surtout moins sensibles.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur une équivalence du* liber précurseur *des Gymnospermes chez une Crucifère*. Note de M. **Georges Bouvrain**, présentée par M. Louis Blaringhem.

G. Chauveaud attachait une grande importance à l'existence de tubes criblés précurseurs chez les Gymnospermes; en 1902 il les découvre [1] et

---

[1] *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 920; *Bull. Mus. H. N.*, 8, Paris, 1902, p. 447.

signale leur aspect particulier, leur situation et leur différenciation hâtive *avant* les premiers vaisseaux alors que les tubes criblés primaires, chez ces végétaux, apparaissent *après* les premiers vaisseaux. Il leur attribue un caractère primitif très net qui s'ajoute à ceux déjà connus des Gymnospermes. Plus tard il précise que l'on peut suivre leur différenciation à partir de la radicule jusque dans les cotylédons. Ailleurs il déclare que, dans les Angiospermes, les premiers tubes criblés se différencient *avant* les premiers vaisseaux et ne sont précédés par *aucun tube précurseur*. Il répète enfin ([2]) que ces tubes criblés précurseurs existent dans la racine, la tige hypocotylée et les cotylédons. Ce qui frappe dans les descriptions et les représentations graphiques qu'il en donne, c'est l'allongement radial et les dimensions considérables de ces éléments. Au contraire, les tubes criblés primaires, et notamment ceux qu'on a caractérisés jusqu'ici chez les Angiospermes, sont en général de petite taille.

Or si l'on coupe la racine d'une très jeune plantule de Chou, on remarque la présence de très grands éléments dans le plan intercotylédonaire à la place réservée normalement aux tubes criblés (*fig.* 1); en

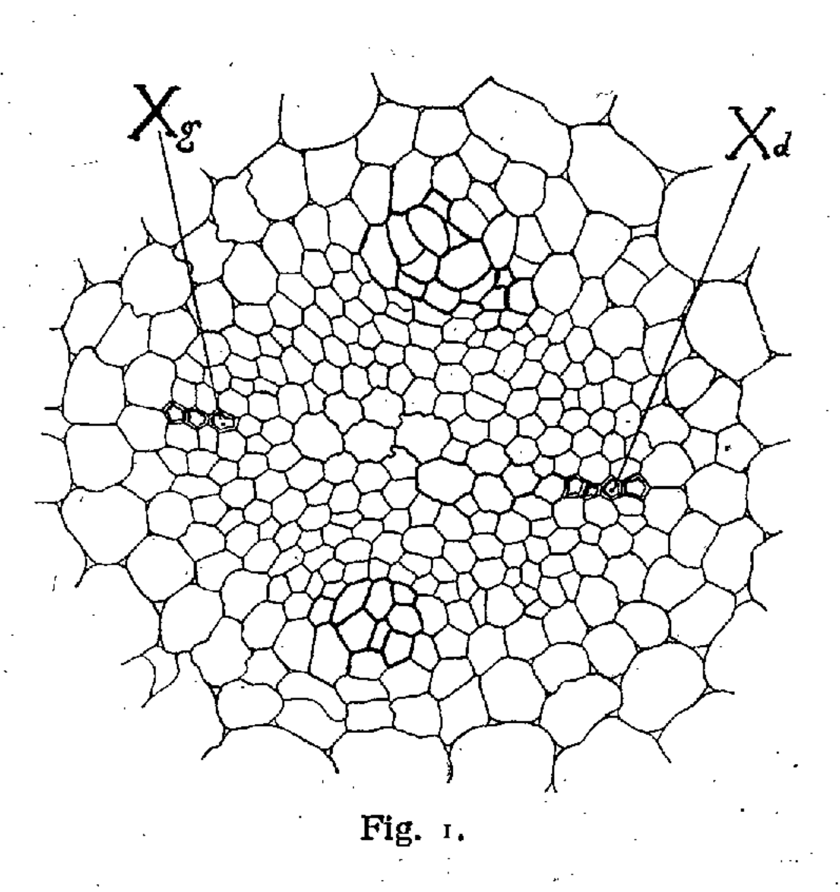


Fig. 1.

alternance par rapport au xylème centripète différencié et prédifférencié (niveau à bande diamétrale vasculaire), deux groupes de cellules de très grande taille, à paroi légèrement épaissie, occupent très exactement

([2]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 8e série, 19, 1904, p. 321-333.

l'emplacement des groupes de phloème normaux. Dans le groupe inférieur, on ne distingue aucun tube criblé typique; dans le groupe supérieur on aperçoit deux éléments dont la forme rappelle celle des tubes criblés primaires, mais qui sont sensiblement plus gros. Dans un échantillon très jeune on trouve ces éléments dans toute la racine sans aucune précision. Ils sont suivis, dans la tige hypocotylée, par des tubes criblés primaires un peu plus internes.

Une coupe faite à la base de l'hypocotyle d'un échantillon plus âgé (*fig.* 2) nous renseigne sur le devenir de ces premiers éléments criblés. On

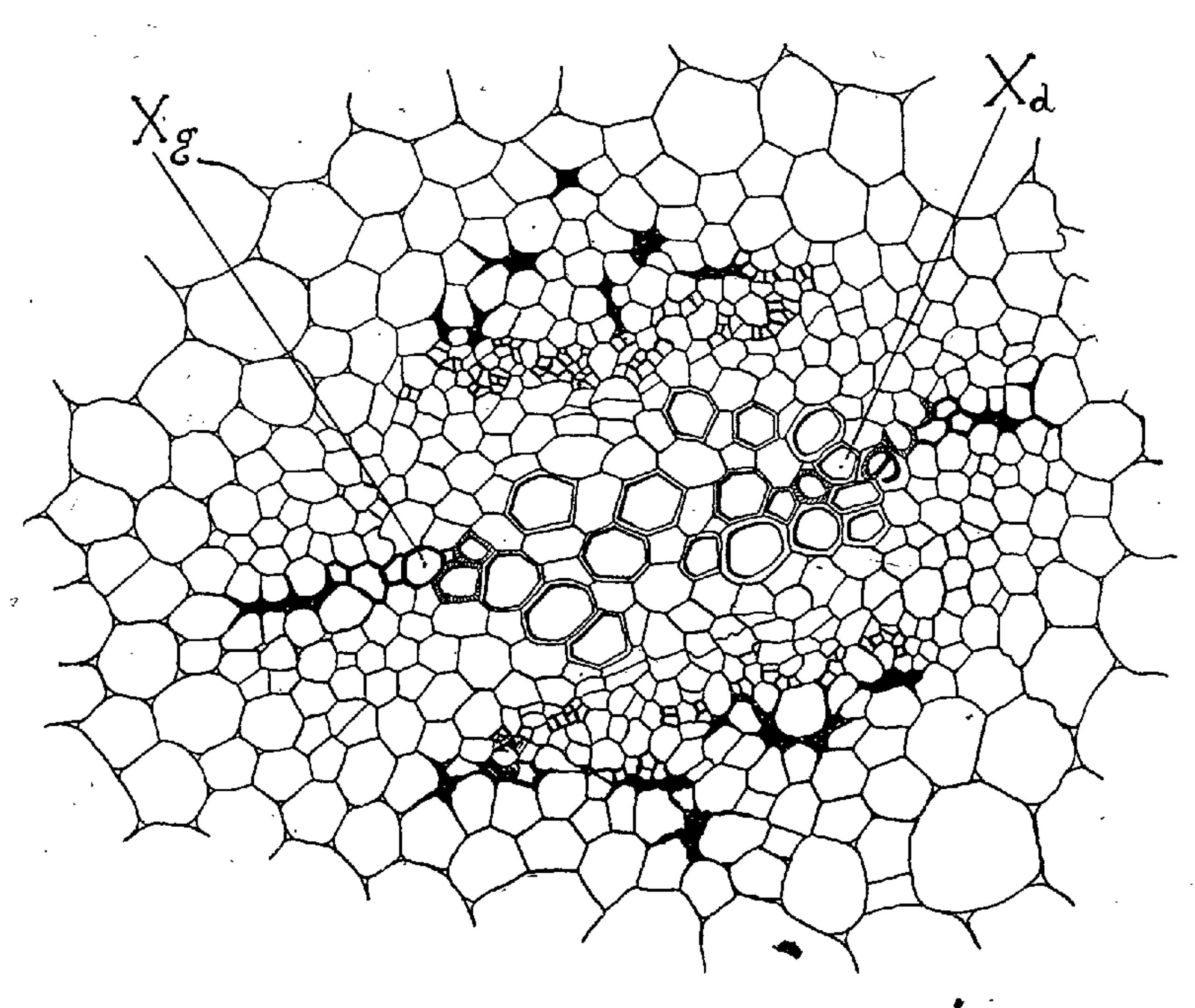


Fig. 2.

observe leur destruction sur place, destruction qui se traduit par des lacunes, moins grandes que chez les Gymnospermes, mais cependant bien visibles. Leur résorption même implique que ce sont des éléments conducteurs qui, après avoir été fonctionnels pendant un temps assez bref, ont disparu comme le font tous les éléments transitoires. D'ailleurs les premiers tubes criblés primaires, eux aussi, s'altèrent et se résorbent à ce niveau et à cet âge. Ceci établit un parallélisme physiologique entre les deux types d'éléments. Une différence non négligeable existe cependant

entre le phloème précurseur des Gymnospermes et celui-ci : c'est l'homogénéité du massif dans le premier cas, son hétérogénéité dans le second. Tous les éléments sont fonctionnels chez les Gymnospermes; très peu le sont ici. Difficilement repérables dans les conditions de la figure 1, ils se révèlent, sur la figure 2, par leur résorption. Nous constatons alors qu'ils sont relativement petits, accompagnés de grandes cellules de parenchyme, exactement comme sont petits et mêlés de grandes cellules de parenchyme les éléments primaires du Chou. Au contraire, le phloème précurseur des Gymnospermes est homogène comme leur phloème primaire. Les caractères sont donc concordants.

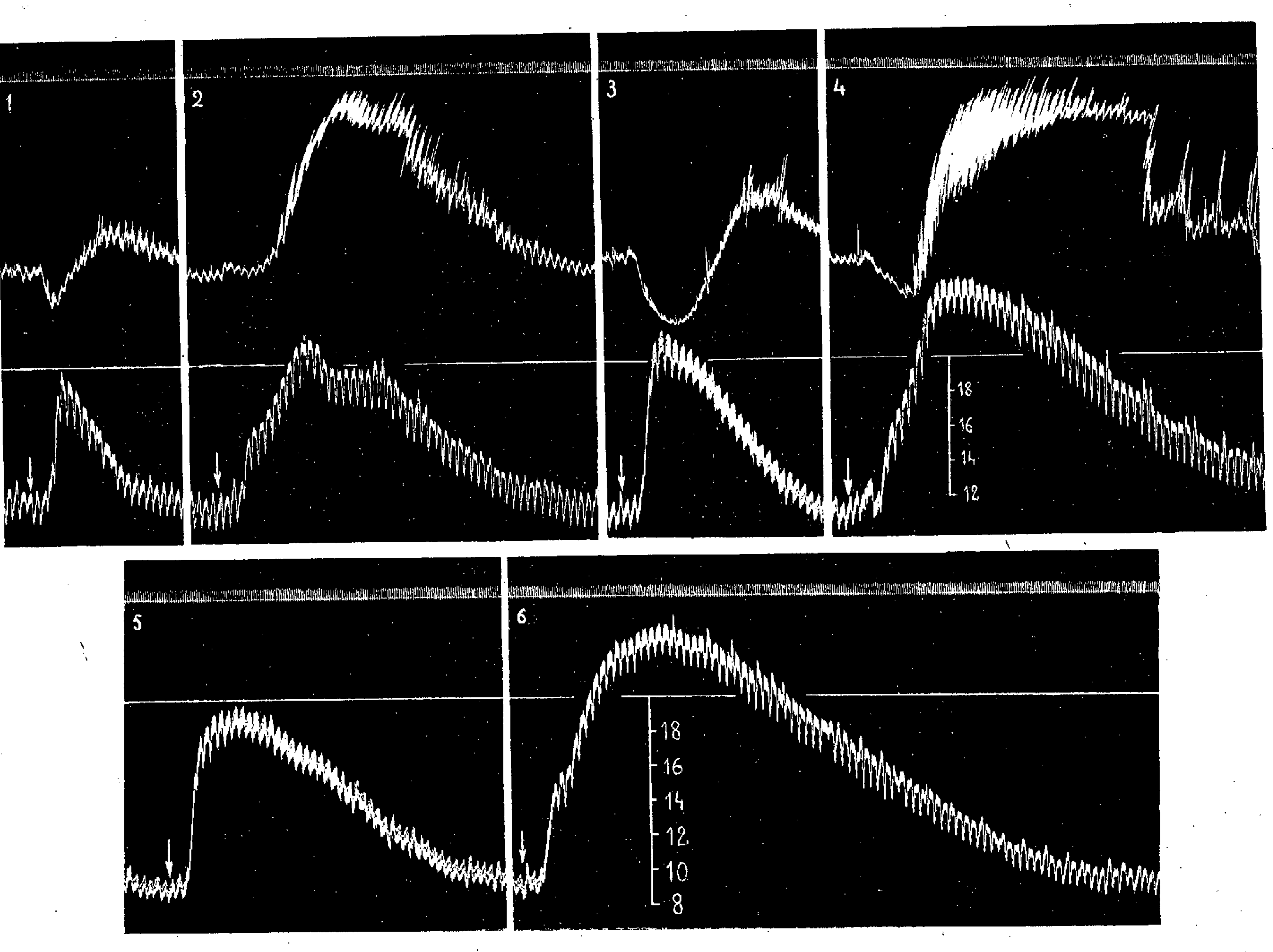
Revenons à la figure 1 : des vaisseaux alternes y sont complètement différenciés; si l'on n'accordait pas la valeur de phloème aux grands éléments du plan intercotylédonaire, les vaisseaux seraient différenciés *avant* toute formation criblée, ce qui serait contraire aux lois de l'évolution. Identifiant à un phloème précurseur les grands éléments étudiés, les premiers vaisseaux, ici comme chez les Gymnospermes, apparaissent *dans le temps* entre le phloème précurseur et le phloème primaire.

Par leur nombre, leur morphologie, leur localisation dans la racine et à la base de l'hypocotyle, ces tubes criblés précurseurs semblent plus évolués que ceux des Gymnospermes, quoique figurant pour le Chou une formation primitive qui n'avait jamais été signalée. Leur présence dans cette plante en fait une Angiosperme primitive, mais leur limitation dans le temps et dans l'espace classe cette Crucifère comme constituant, du point de vue anatomique, un terme de passage entre les Gymnospermes et les Angiospermes supérieures.

PHARMACODYNAMIE. — *Dissimilitude de l'action physiologique de l'ibogaïne et de celle de la cocaïne.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons montré précédemment que, comme la cocaïne, l'ibogaïne supprime plus ou moins complètement les effets hypertenseurs de l'occlusion carotidienne et augmente la hausse de pression qui suit l'injection d'adrénaline.

Tainter et Chang ayant constaté que la cocaïne agit de façon contraire sur l'hypertension produite par la tyramine et sur celle provoquée par



Expérience du 29 *mai* 1940. — Chien de 9^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1^re^ et 4^e^ lignes : temps en secondes. 2^e^ ligne : variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3^e^ et 5^e^ lignes : modifications de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène, en 1, 3 et 5 : $0^{mg},007$ d'adrénaline, en 2, 4 et 6 : 2^{mg} de tyramine. L'animal a reçu dans les veines, entre les tracés 2 et 3 : d'abord 18 puis 36^{mg}, entre les tracés 4 et 5 : 72 puis 54^{mg} de chlorhydrate d'ibogaine. Tracés réduits de moitié.

l'adrénaline, diminuant celle-ci alors qu'elle augmente celle-là, nous avons cru devoir rechercher s'il en est ou non de même de l'ibogaïne. Nous avons été ainsi amené à constater que, contrairement à la cocaïne, l'alcaloïde cristallisé de l'Iboga augmente nettement l'action hypertensive de la tyramine, en même temps qu'il renforce ses effets vaso-constricteurs rénaux. C'est ce dont le tracé ci-joint porte témoignage.

Initialement une injection de $0^{mg},007$ d'adrénaline avait élevé la pression carotidienne de 128 à 199^{mm} de Hg, soit de 71^{mm} de Hg, alors qu'une injection de 2^{mg} de tyramine l'avait fait monter de 127 à 218^{mm} de Hg, soit de 91^{mm} de Hg. Quand l'animal eut reçu 6^{mg} de chlorhydrate d'ibogaïne par kilogramme, l'adrénaline, à la même dose qu'au début de l'expérience, haussa la pression carotidienne de 121 à 218^{mm} de Hg, c'est-à-dire de 97^{mm} de Hg, cependant que la tyramine, également à la même dose qu'auparavant, la porta de 120 à 245^{mm} de Hg, c'est-à-dire à 125^{mm} de Hg au-dessus de son niveau initial. Enfin, quand on eut administré à l'animal une dose totale de 20^{mg} de chlorhydrate d'ibogaïne par kilogramme, la pression carotidienne passa de 98 à 198^{mm} de Hg après injection d'une toujours même dose d'adrénaline et de 99 à 246^{mm} de Hg après celle de la même dose de tyramine qu'auparavant, l'hypertension étant ainsi de 100^{mg} de Hg avec celle-là et de 147^{mm} de Hg avec celle-ci. L'augmentation des effets hypertenseurs qui, après injection de 6^{mg} de chlorhydrate d'ibogaïne par kilogramme, était de 36,76 % avec l'adrénaline et de 37,36 % avec la tyramine, est devenue, quand l'animal eut reçu au total 20^{mg} de ce sel par kilogramme, de 40,84 % avec la première, de 61,53 % avec la seconde. Ainsi donc, l'ibogaïne a, dans cette expérience, augmenté davantage l'hypertension tyraminique que la hausse de pression produite par l'adrénaline.

Ajoutons que, dans cette expérience, l'ibogaïne a augmenté non seulement la hauteur maximale, mais encore la durée de l'hypertension provoquée tant par la tyramine que par l'adrénaline. Notons enfin que, chez ce même animal, l'alcaloïde cristallisé de l'Iboga a renforcé non seulement la vaso-constriction rénale produite par l'adrénaline, mais encore celle que cause la tyramine. Avec la première, ce renforcement s'est révélé à la fois par un approfondissement et par un élargissement de la dépression du tracé oncographique qui correspond à la diminution du volume du rein. Avec la seconde, la vaso-constriction, qui marque le stade initial de l'action rénale de la tyramine, ne s'était manifestée avant l'ibogaïnisation que par un minime affaiblissement du pouls du rein et par la coexistence d'une

augmentation insignifiante du volume de cet organe et d'une très forte ascension de la pression carotidienne; après l'ibogaïnisation elle s'est traduite par une diminution très marquée du volume de cet organe.

Augmentant à la fois l'action hypertensive de la tyramine et de l'adrénaline, l'ibogaïne montre donc une action physiologique qui diffère de celle de la cocaïne et paraît se rapprocher de celle de la spartéine capable, d'après Hazard, d'augmenter, mais aussi quelquefois de ne pas modifier ou même de diminuer, l'hypertension tyraminique.

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 12 août 1940.)

Note de M. *A. Lacroix*, Conclusions de l'étude des laves des volcans situés au Nord de l'Équateur, dans la bordure de la zone circumpacifique :

Page 88, ligne 18, *au lieu de* Benbow, *lire* Yasowa.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 OCTOBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur les descendants des Haricots xéniés* (¹). Note de M. **Lucien Daniel**.

Le 20 mai dernier, j'ai semé comparativement, comme à l'ordinaire, dans mon jardin d'Erquy (Côtes-du-Nord), le Haricot Princesse à rames, le Flageolet vert nain et diverses sélections provenant de mes semis antérieurs. Ces sélections comprenaient une race de Flageolet nain à grosses graines blanc verdâtre; une race de Flageolet nain à fleurs violettes et à graines réniformes bleues; une variété obtenue en 1938, à gousses mange-tout de 25 à 30^{cm} de long, à grains blancs; une forme très naine, apparue en 1937, à gousses droites, rondes et vertes, à graines fauve foncé, dont de nombreuses gousses étaient, à maturité, devenues de couleur beurre ou complètement blanches; trois types nouveaux, sélectionnés en 1939, à feuilles monstrueuses, de grande taille, à fleurs violettes portées par de courts rameaux, ou allongés et donnant de longues grappes. L'une de ces trois formes avait des gousses unicolores rouge carminé vif contenant des graines bleu de ciel, arrondies en coco comme celles de la Princesse; la seconde était à graines noires contenues dans une gousse verte parcheminée rappelant celle du Haricot de Soissons gros; la troisième avait des gousses longues, cylindriques, assez grosses, panachées de rouge brun carminé et finalement noirâtre sur fond vert, puis verdâtre pâle;

(¹) Lucien Daniel, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1170; 201, 1935, p. 997; 206, 1938, p. 1209; 209, 1939, p. 389; *Les mystères de l'hérédité symbiotique*, Rennes, 1938-1940, p. 208 et suivantes.

les graines, assez grosses, étaient marbrées de taches irrégulières violet foncé sur fond violacé pâle. En vue de faciliter leur croisement fortuit, je les cultivai semées sur trois rangs parallèles et ramées avec de longues perches entre-croisées. Enfin j'ai semé séparément quelques graines récoltées chez des gousses fasciées, phénomène rare ([2]) que j'ai observé l'an dernier pour la première fois depuis 40 ans. Voici les principaux résultats que j'ai obtenus :

Une graine de Princesse à rames, en tout semblable aux autres en apparence, a produit en 1940 un pied vigoureux tardif, à fleurs blanches, à gousses vertes lisses parcheminées à maturité, plates, à bords sinueux, longues de 17^{cm}, contenant de 5 à 7 graines blanches, assez grosses, réniformes et non rondes comme chez la Princesse. A maturité, ces gousses rappelaient l'aspect de celles d'une de mes variétés mange-tout à très longue gousse semée près de la Princesse, montrant qu'il s'agissait du croisement fortuit de ces deux formes voisines. Le Flageolet nain vert qui, en 1939, avait fourni deux pieds à rames, n'en a pas donné cette année. Les variétés naines de Flageolets, à graines blanc verdâtre et à graines bleu cobalt, réniformes se sont également maintenues (5e génération). Il en a été de même pour la variété mange-tout à longues cosses et la forme très naine de 1937. Chez les pieds issus des graines, peu nombreuses, des gousses fasciées, l'hérédité a été très faible : deux gousses fasciées sur 15 pieds ayant produit au total 450 gousses normales.

Les trois sélections à feuilles géantes de 1938, à fleurs violettes et à graines de couleurs si différentes, m'ont donné des résultats particulièrement intéressants, tant pour la théorie que pour la pratique. Le pied à graines bleues et rondes a fourni 72 pieds à fleurs violettes, semblables au début et qui par la suite se sont dédoublés comme caractères de façon inattendue, 50 d'entre eux étaient très volubiles; 17 étaient nains et 5 étaient intermédiaires entre les deux formes. La plupart des exemplaires possédaient des gousses moniliformes non parcheminées, les autres avaient des gousses plates qui se bosselaient à la fin. Toutes les gousses étaient de couleur rouge brun carminé et contenaient des graines rondes comme chez la Princesse, mais de grosseur assez différente. La couleur était bleue chez la majorité; les autres étaient brunâtres, cendrées ou blanches avec des nervures très légèrement teintées de bleu chez celles-ci.

([2]) Godron, *Troisièmes mélanges de Tératologie végétale* (*Mém. de la Soc. des Sc. nat. de Cherbourg*, 21, 1877-1878, p. 228-229).

J'ai récolté 1354 graines bleues, 68 brunâtres, 315 cendrées et 122 blanches. Les graines blanches avaient un ombilic entièrement blanc; chez les autres, il était entouré d'une bande elliptique rougeâtre. Enfin il y avait des pieds précoces, d'autres tardifs, avec tous les intermédiaires.

Sur 120 pieds, les Soissons noirs ont produit 4 pieds *nains*, très précoces. Les autres individus étaient remarquables par la vigueur, la grandeur de leurs feuilles et le renflement anormal de leur gaine, sur laquelle s'insérait une forte grappe ou plusieurs. Tous présentaient des variations dans leurs gousses et leurs graines. Les gousses pouvaient être entièrement vertes, jaune beurre, blanches, ou panachées semblables à celles de la forme panachée voisine. Les graines étaient non seulement variables comme coloris dans des gousses différentes, mais aussi suivant leur position dans une même gousse. Il y en avait de noires, brillantes ou mates; d'autres mauves, roux fauve, jaune d'œuf ou panachées de roussâtre sur fond plus pâle. Chez les pieds issus des graines panachées de violet foncé sur violet pâle, j'ai récolté des graines très variées elles-mêmes, les unes unicolores, d'autres panachées comme celles de leur mère ou panachées de noir foncé sur fond pâle; un type curieux par sa panachure en bandes irrégulières ovales violet foncé sur violet pâle ou gris cendré, forme jusqu'ici inconnue dans le genre Haricot. C'était la variation désordonnée au sens de Naudin. Il est bien probable que certaines des formes obtenues pourront être fixées par une sélection bien conduite et suffisamment prolongée.

Ces faits contrôlés montrent nettement : 1° que l'autofécondation chez le Haricot n'est pas une règle absolue comme on l'a dit et qu'il existe des croisements fortuits chez cette espèce; 2° que ces croisements fortuits ne se conforment pas au schéma mendélien dans leur descendance; 3° que les races existant actuellement proviennent de tels croisements combinés avec le choc produit chez celles-ci par les à-coups brusques météorologiques du régime de l'eau qui les font passer du fonctionnement à plein rendement à la vie au ralenti ou *vice versa*.

J'achève l'étude des résultats d'expériences poursuivies depuis plusieurs années soit en ensachant des gousses en tubes de papier de couleur variées, soit en les couvrant partiellement de gabarrits divers.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. **Georges Claude** est désigné pour faire partie du Jury des *Prix Barès*, en remplacement de M. *J.-L. Breton* décédé.

CORRESPONDANCE.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le rôle régulateur des lacs alpins et la formation des alluvions pléistocènes récentes du fossé rhénan.* Note (¹) de M. **Paul Wernert**, présentée par M. de Margerie.

Le régime du Rhin en amont de Strasbourg est sous l'influence du bassin suisse et très équilibré du fait de l'action régulatrice des lacs alpins. Ces lacs, amortissant l'impétuosité des crues venant d'amont, se vident moins rapidement qu'ils ne se remplissent. L'écart entre les hautes et les basses eaux du Lac de Constance présente une moyenne annuelle de $2^{m},12$ (Daubrée, Coumes, Lhotellier). Les matériaux torrentiels charriés par les crues sont retenus par les lacs.

Le régime du Rhin a dû être tout à fait différent lorsque les bassins des lacs alpins étaient comblés de glaces et ne pouvaient pas tempérer la violence des crues. Dès le début de la fonte des glaciers, qui, lors du maximum wurmien, dépassaient encore le Lac de Constance, le Rhin était transformé en torrent d'un débit énorme. Il charriait vers l'aval les détritus fluvio-glaciaires accumulés devant les glaciers du Rhin, de la Linth, de la Reuss, de l'Aar et du Rhône; les quatre derniers, provenant des Alpes occidentales, alimentaient l'Aar, affluent du Rhin.

Ces matériaux torrentiels constituent la Basse-Terrasse wurmienne de Penck. Si l'on admet la thèse que les dépôts qui la continuent, accumulés au seuil du fossé rhénan en aval de Bâle, ne sont qu'un immense cône de déjection torrentielle (Honsell, Deecke), nous voyons la cause d'origine du volume imposant de ce dernier dans l'arrêt du fonctionnement de l'élément régulateur constitué par les lacs. En débouchant dans la large vallée

(¹) Séance du 7 octobre 1940.

formée par le fossé rhénan, la vitesse des eaux a subi un ralentissement tel qu'il eut pour conséquence le décantage des matériaux torrentiels.

La thèse du cône torrentiel suggère certaines déductions : elle explique l'absence de loess sur des alluvions post-wurmiennes et elle rend inutile l'idée, soutenue par Kraus, Briquet, van Werveke, Théobald, que des mouvements du sol aient affecté le fossé rhénan jusqu'à la fin du Quaternaire. Le plongement apparent des alluvions vers l'aval n'est que la résultante de la formation de tout cône de déjection. Les différents gradins (Gutzwiller, du Pasquier, Förster, Théobald, Hug), allant par endroits jusqu'au nombre de 5, et qui correspondent à des phases de rétrécissement et de creusement du fleuve en amont et dans le cône, sont en relation avec le rôle régulateur des lacs.

La cuvette du Lac de Constance fut la première à être libérée par les fontes provoquant le retrait du glacier du Rhin. Une diminution du débit du fleuve dut être la conséquence de ce début d'intervention, affectant seulement ce lac. D'où formation d'un premier gradin, dont la tête est, par exemple, à Sierentz, au nord de Bâle, à 256^{m}. La formation du deuxième gradin, à 254^{m}, pourrait être attribuée à la libération des lacs de Zurich (409^{m}) et de Sempach, qui n'eut lieu qu'après le premier stade d'arrêt caractérisé par les moraines entourant la langue de ces bassins. De même les lacs de Neuchâtel (431^{m}) et de Bienne (430^{m}) firent jouer leur action régulatrice après ce stade post-wurmien, marqué en aval par la moraine de Soleure. Bien que les cuvettes des lacs intra-alpins de Brienz (568^{m}) et de Thoune (560^{m}) fussent encore longtemps remplies de glaces, le caractère torrentiel de l'Aar dut être diminué par l'entrée en fonction des bassins de Neuchâtel et de Bienne, consécutive au recul du glacier rhodanien. Le troisième des grands lacs intra-alpins qui dut encore avoir une forte influence sur le caractère torrentiel de l'Aar et du Rhin, restait pendant le Buhlien le Lac des Quatre Cantons (437^{m}). Le gradin inférieur de Sierentz à 251^{m} doit être en rapport avec ce stade.

Après le dégel complet de toutes les dépressions centrales, l'action régulatrice harmonisée des lacs transforme définitivement le régime du Rhin : d'une part, du fait de l'élimination d'apports torrentiels dans le fossé rhénan, d'autre part, du fait du surcreusement du fleuve dans le cône de déjection jusqu'au niveau du talweg actuel, qui est à 234^{m} à Sierentz.

La particularité que les gradins d'érosion se confondent vers l'aval jusqu'au niveau de la plaine alluviale, explique la morphologie torren-

tielle de ces dépôts alluvionnaires. Sans vouloir attribuer une importance concluante au détail signalé par Frey que les éléments pétrographiques constituant la *Basse-Terrasse* du Rhin, proviennent essentiellement des Alpes occidentales, il semble confirmer l'importance qui revient à cette région dans le jeu régulateur des lacs.

La formation des dépôts fluviatiles connus sous le nom de *Basse-Terrasse* qui se rattache aux nappes fluvioglaciaires accumulées devant les moraines wurmiennes, ne serait pas aussi nettement contemporaine du maximum de la dernière glaciation qu'on ne l'a admis depuis Penck. C'est pendant les retraits que le front glaciaire oscillant a produit les graviers fluvioglaciaires qui ont été recouverts par des retours d'avancée du glacier : à Schwandorf, Heudorf, Messkirch ils sont remblayés par des dépôts morainiques. Il y a discontinuité ou développement en plusieurs temps dans la formation des dépôts fluvioglaciaires et fluviatiles connus sous le nom de *Basse-Terrasse*. La Terrasse à berge-haute d'un seul gradin (*Hochgestade*) qui surgit lentement de la plaine d'alluvions du fossé rhénan en amont de Rastatt, n'est que la continuation de l'ancien profil longitudinal du lit du fleuve et contemporaine de la formation du dernier gradin d'érosion entaillé en amont dans le cône de déjection : pendant la période tardiglaciaire le talweg du Rhin aurait eu un profil longitudinal différent du lit du fleuve actuel. Il est intéressant de rappeler à ce sujet l'observation de Honsell qu'avant la régularisation du Rhin au siècle dernier, ce fleuve accentuait le creusement de son chenal entre Bâle et le Kaiserstuhl et accumulait plus loin en aval ses alluvions vers le Bassin de Mayence. Comme le suggère van Werveke, la plaine d'alluvions de Strasbourg doit être l'équivalent de la Basse-Terrasse du Rhin inférieur, qui, pour Wunstorf est d'âge postglaciaire. Elle doit de même être identifiée, contrairement à ce que dit van Werveke, avec la Basse-Terrasse de Bâle, à laquelle Gutzwiller attribue un âge postglaciaire.

Toute la Basse-Terrasse rhénane est en réalité d'âge tardiglaciaire, du moment qu'elle est plus récente que les cônes de déjection des affluents du Rhin à mince couverture de lœss sableux qu'elle ravine, et qui datent de la fin du maximum wurmien (Aurignacien de la *Basse-Terrasse* de Lingolsheim).

Conclusions. — Le non-fonctionnement du rôle régulateur des lacs alpins s'est manifesté avant et pendant le dégel de la glace qui comblait les dépressions centrales. Il eut pour conséquence la formation des nappes fluvioglaciaires, du cône de déjection torrentielle et probablement de

remblaiments difficiles à repérer. Lorsque le rôle régulateur put jouer partiellement ou définitivement, il s'est traduit par la formation de multiples gradins d'érosion et le surcreusement de la *Basse-Terrasse*. C'est par ce phénomène qu'on peut s'expliquer la morphologie très particulière et l'âge tardiglaciaire des formations pléistocènes les plus récentes du fossé rhénan. Il met en lumière la multiplicité et la complexité des causes possibles de l'origine des terrasses.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Dénombrement des gouttelettes d'un brouillard au moyen d'un champ électrique ionisé*. Note (¹) de MM. **Marcel Pauthenier** et **Edmond Brun**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que des gouttelettes d'eau, en suspension dans l'air à l'intérieur d'un tube métallique muni d'un fil fin axial, sont projetées sur les parois du tube, quand on établit une différence de potentiel suffisante entre le fil et le cylindre (le fil constitue l'électrode négative) (²). Nous avons utilisé ce phénomène pour dénombrer les gouttelettes contenues dans un volume donné de brouillard.

Deux cylindres en bakélite, de 60^{mm} de diamètre extérieur, sont placés dans le prolongement l'un de l'autre, à 15^{cm} de distance. Un fil de $0^{mm},2$ de diamètre, est tendu par un ressort suivant leur axe commun. Une feuille de papier, pouvant être impressionnée par le dépôt de gouttes d'eau, est enroulée sur les extrémités des deux cylindres en bakélite, de manière à joindre ceux-ci par un canal étanche. Une feuille de clinquant est enroulée sur la feuille de papier et reliée à la terre. Le brouillard est aspiré dans le tube cylindrique qui est ensuite obturé à ses deux extrémités. Une différence de potentiel de 12000 volts est établie, immédiatement après, entre la feuille de clinquant et le fil axial, pendant quelques secondes. Dans la partie médiane du canal cylindrique constitué par le papier et la feuille de clinquant, les gouttes sont projetées radialement. Il suffit donc de compter le nombre d'impacts marqués sur une longueur de 5^{cm} de la feuille, par exemple, pour avoir le nombre de gouttes en suspension sur cette longueur du canal.

De nombreux essais ont été nécessaires pour obtenir un papier sensible

(¹) Séance du 7 octobre 1940.

(²) *Journal de Physique*, 7ᵉ série, 3, XII, p. 590-613.

aux gouttes d'eau, même les plus fines. Nous avons été guidés, dans ces essais, par le dispositif imaginé par M. Cotton pour compter le nombre de gouttes de pluie tombant sur une surface déterminée : il suffit de recevoir ces gouttes sur un papier filtre sur lequel une poudre très fine de bibromofluorescéine a été répartie uniformément à l'aide d'une brosse. Les gouttes laissent des taches circulaires colorées qui persistent après dessiccation et sont d'autant plus grandes que les gouttes de pluie sont plus grosses. Nous avons finalement choisi un papier photographique brillant à grain très fin, sur lequel a été écrasé, par frottement, une poudre fine de bleu de méthylène : le papier présente alors une teinte mordorée et son aspect est homogène au microscope de faible grossissement. Une goutte d'eau arrivant sur le papier laisse une tache circulaire bleu clair, visible au microscope dans le cas d'une petite goutte.

Le papier photographique est, en réalité, le positif d'un quadrillage formé de mailles de 2^{mm} de côté; chacune des mailles porte un numéro; les impacts restent visibles même sur les traits du quadrillage et sur les chiffres. Au microscope, il est possible de compter le nombre de gouttes successivement dans chacune des mailles.

Par d'autres dispositifs simples, que nous mettons au point, nous pensons arriver à mesurer, avec précision, toujours en utilisant la précipitation électrostatique, le diamètre des gouttelettes en suspension et la masse d'eau liquide contenue dans un volume déterminé de brouillard.

ZOOLOGIE. — *Peuplement mammalien d'îles atlantiques françaises.* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons résumé [1] les résultats de l'étude du peuplement mammalien des îles atlantiques françaises, en commençant par Belle-Ile. Voici les résultats obtenus dans les autres îles.

Noirmoutier. — Séparée du continent par un chenal de 1^{km}, mais reliée à la terre, à marée basse, par un isthme vaseux de 3^{km}, Noirmoutier n'offre que partiellement un caractère insulaire. Toutefois la microfaune mammalienne ne saurait franchir, à marée basse, l'isthme de vase salée.

---

(1) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 212.

A ce point de vue, on peut considérer Noirmoutier comme une île. Toutefois cette insularité est de date toute récente et susceptible de fluctuations, de siècle en siècle.

La réduction de la faune et l'absence d'endémisme témoignent de ce double fait. Les Mammifères terrestres non importés se réduisent à : Taupe, *Crocidura russula*, Hérisson, Belette, Putois, Lapin, deux Campagnols (*Microtus arvalis* et *Arvicola sapidus*), Mulot (du groupe *sylvaticus*). Tous sont identiques à leur congénères du continent.

Yeu. — Distante du continent d'une vingtaine de kilomètres, par des fonds qui ne dépassent pas 15^{m}, l'île d'Yeu, en dépit de sa surface réduite, offre un intérêt exceptionnel. Formée d'un sous-sol imperméable (surtout granulite), Yeu possède des nappes d'eau peu profondes et même un petit marais. Les Mammifères se réduisent à : Taupe, une Musaraigne spéciale, Lapin, une race de Campagnols et un Mulot (du groupe *sylvaticus*). Le Hérisson et la Belette font défaut. La Musaraigne représente une forme spéciale appartenant à une lignée, différente de celles qui habitent le continent.

Nous donnons le nom de *Crocidura oyænsis* nov. sp., à cette Musaraigne, caractérisée par sa petite taille, sa livrée bicolore, la forme de la couronne de la troisième unicuspide, le développement de la grosse prémolaire et surtout de sa cuspide antéro-externe (paracone). *C. oyænsis* ne saurait être une forme géographique de *C. minnula*, ni de *C. leucodon*.

Par contre elle pourrait être affine de *C. casseteridum*, découverte aux îles Scilly (Cornouailles), mais dont nous n'avons pu comparer l'unique spécimen connu. Quoi qu'il en soit de la filiation de ces formes insulaires, il ne peut s'agir là que d'un phylum ancien, éteint sur le continent. Tout au plus pourrait-on considérer *C. oyænsis* comme voisin de l'ancêtre pliocène, d'où a pu dériver l'actuel *C. leucodon* continental. On conçoit l'intérêt de ce fossile vivant; de son existence découle un argument positif en faveur de l'ancienneté de la rupture des connexions entre Yeu et le continent, contrairement à l'opinion générale des géologues.

Le Campagnol de l'île d'Yeu constitue lui aussi une forme spéciale : *Microtus arvalis oyænsis* nov. subsp., caractérisé par sa forte taille et sa pigmentation foncée. Cette forme est très différente de celle de Noirmoutiers et de la côte vendéenne et se rapprocherait, par la taille, de la forme basque et ibérique (*M. a. meridianus*).

La Taupe, le Mulot et le Lapin de l'île d'Yeu ne semblent pas différer de ceux du continent.

RÉ. — Distante du continent de 4^{km}, l'île de Ré, à sous-sol perméable, est très aride. Sa faunule mammalienne est réduite à *Crocidura russula* et à un Mulot (du groupe *sylvaticus*). Peut-être existe-t-il dans l'île une Belette et un Hérisson?

OLÉRON. — De vaste superficie, possédant des boisements naturels de Chênes, couverte de dunes retenant l'eau, l'île d'Oléron devait, à priori, présenter un certain intérêt. Mais il est probable que son insularité est trop récente pour qu'une ségrégation ait pu s'y opérer. La faune mammalienne comprend : Taupe, *Crocidura russula*, Hérisson, Belette, Campagnol aquatique, Mulot, Écureuil, Lapin, Lièvre. Des Sangliers peuvent même franchir à la nage le chenal qui sépare Oléron du continent, comme cela s'est déjà produit.

Crocidura russula représente une forme quelque peu spéciale, à queue courte et à crâne étroit, à laquelle nous ne croyons pas devoir imposer, pour l'instant, un nom particulier. L'Écureuil a peut-être été importé, de même que le Lièvre. Quant aux autres Mammifères, ils ne semblent pas différer de ceux du littoral de la Charente marennienne.

L'étude du peuplement des îles atlantiques françaises a donc fait découvrir : une espèce nouvelle de Musaraigne, 3 sous-espèces nouvelles : 1 de Musaraigne, 2 de Campagnol; ce qui enrichit la faune mammalienne de France de 4 types, jusqu'ici non reconnus.

L'une de ces formes fait connaître la persistance insulaire d'un phylum éteint sur le continent.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La chlorémie de l'Anguille femelle au cours de son développement.* Note de M^{lle} **O. Callamand** et M. **M. Fontaine**, présentée par M. Paul Portier.

L'étude d'un grand nombre d'individus pêchés tous en eau douce met en évidence, chez l'Anguille, une variabilité très importante de la chlorémie. Déjà Duval (¹) avait constaté, pour les teneurs en chlorures du sérum de quelques Anguilles, des différences sensibles, mais sans mettre en évidence le facteur déterminant de cette diversité, jusqu'à présent inexpliquée. Nos recherches, portant sur un nombre beaucoup plus élevé d'individus, ont

(¹) *Thèse Fac. Sc. Paris*, 1925.

généralisé cette observation et il nous est apparu que la chlorémie était fonction du développement génital. Si l'on exprime celui-ci par le rapport gonosomatique [2], on constate que la chlorémie est d'autant plus basse que le développement des organes génitaux est plus accentué. Nous donnons ci-dessous un tableau se rapportant à des Anguilles femelles provenant toutes du bassin de la Loire et saignées à la même époque (février). Les teneurs en chlore (dosage par la méthode de Laudat) sont exprimées en grammes de chlorure de sodium par litre de sang total. Pour le n° 1 seul, plusieurs individus ont été utilisés pour une détermination.

	Poids (en g).	Rapport gonosomatique.	Chlorémie (en g).
1	de 67 à 85.......	très faible, indéterminable avec précision	5,2
2	246............	0,46	5,6
3	215............	1,24	4,91
4	435............	1,35	3,64
5	1061............	1,55	3,08
6	655............	1,63	2,70
7	635............	1,75	2,05

Comme on le voit, c'est bien le développement des organes génitaux et non le développement somatique qui conditionne la chlorémie. D'autres chiffres, obtenus sur des Anguilles d'une autre provenance, nous conduisent à la même conclusion. Nous pensons que ce résultat peut être interprété de la manière suivante : tous les Poissons d'eau douce soumis au jeûne compensent les pertes continuelles de sels que subit leur organisme par une absorption de certains sels, et notamment de chlorures dont le mécanisme semble être localisé au niveau de la branchie [3]. Chez l'Anguille seule, cette fonction n'a pu être mise en évidence. Il est vrai que la perte de chlorures (et probablement d'autres ions) est, chez l'Anguille, plus faible que chez les autres Poissons d'eau douce (Carpe par exemple). Cependant ce déficit réduit, mais inévitable, existe et ne peut être comblé que par l'apport salin alimentaire. Or, pendant sa croissance somatique, l'Anguille s'alimente abondamment, mais cette alimentation se réduit, puis cesse totalement au cours du développement des ovaires. On constate

---

[2] R. G. S. $= \frac{\text{Poids des organes génitaux}}{\text{Poids du corps}} \times 100$, ainsi que l'a exprimé Mme Boucher Firly, *Thèse Fac. Sc. Paris*, 1935.

[3] A. Krogh, *Zeit. vergl. Physiol.*, 24, 1937, p. 656.

même un début d'histolyse de l'épithélium intestinal ([4]), le développement d'un tissu obstruant la lumière du tube digestif, parfois même la fermeture complète de son extrémité ([5]). Il y a donc diminution, puis suppression de l'apport de sels qui venait combler le déficit continuel, et c'est là sans doute l'un des facteurs de la chute importante de la chlorémie pendant le développement génital.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Vision et comportement des Pagures et théorie d'Exner.* Note de M. **Étienne Rabaud** et M[lle] **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

Nos connaissances sur les modalités de la vision des Arthropodes sont limitées et fragmentaires. Les unes sont déduites de considérations théoriques basées sur la forme des parties réfringentes des yeux composés; les autres sont le résultat d'observations et d'expérimentations sur des groupes d'animaux les plus divers et à structure oculaire non moins variable. De cet ensemble de recherches est sortie la théorie d'Exner, qui classe les yeux composés en deux grandes catégories, les uns à vision par apposition, les autres à vision par superposition. Très généralement, on s'est efforcé d'intégrer les résultats des travaux les plus récents dans le cadre de cette théorie.

Les Pagures n'ont pas fait à cet égard l'objet de recherches très poussées. Le mémoire le plus récent que l'on possède sur la question s'adresse exclusivement à l'acuité visuelle d'*Eupagurus bernhardus* ([1]). Une étude comparative de plusieurs espèces mérite d'être faite. Nous avons spécialement étudié *Paguristes ocellatus* Fabr., *Clibanarius misanthropus* Risso, *Diogenes pugilator* Roux, *Pagurus arrosor* Herbst, *Eupagurus excavatus* Herbst, *Eupagurus prideauxi* Leach., *Eupagurus bernhardus* L.

Sans entrer ici dans le détail de nos expériences, qui paraîtra dans un mémoire ultérieur, nous précisons que, d'une façon très générale, l'activité des Pagures est plus grande la nuit que le jour, plus marquée en lumière diffuse. La vision joue dans leur comportement un rôle très important. La

([4]) Oswald Berndt, *Zool. Jahrb. Anat. und Ont.*, 64, 1938, p. 437.

([5]) W. Schnakenbeck, *Zool. Anz.*, 108, 1934, p. 85.

([1]) H. Bröcker, *Zool. Jahrb.*, 55, 1935, p. 399.

comparaison entre un Pagure normal et un Pagure aveuglé est des plus démonstratives.

La section des pédoncules oculaires donne des résultats incertains. Nombre d'individus succombent peu après l'opération; tout au moins, ils se relèvent mal du choc opératoire. Le plus simple et le plus sûr est d'enduire la surface de l'œil avec un vernis noir opaque très adhérent. Ainsi aveuglés, les Pagures se déplacent peu, lentement et, nettement, au hasard. Ils passent au voisinage des coquilles sans s'arrêter. L'attitude est d'une telle netteté, qu'aucune incertitude ne subsiste : la vue de l'objet attire l'animal. Quand on remplace des coquilles vraies par des coquilles artificielles en verre transparent, un temps assez long s'écoule parfois avant que les Pagures aillent vers l'objet et l'adoptent. Il semble que la transparence dissimule la coquille; il suffit d'entourer l'orifice avec un anneau de cire molle et opaque pour rendre l'adoption de ces coquilles sensiblement aussi facile que celle des coquilles naturelles. L'opacité de l'anneau paraît plus importante que sa couleur. Que l'on place dans un bac des coquilles ou des cailloux de volume comparable, le Pagure se dirige indifféremment vers les unes ou les autres. Il suffit que l'objet soit suffisamment volumineux, ses dimensions allant de celles d'une coquille de Buccin, de Murex, de Cassidaire adultes à celle d'une coquille de Troque. La distance peut aller jusqu'à 10^{cm} environ. La forme n'y change rien, et la façon d'agir du Crustacé permet d'affirmer que le volume seul intervient. Ce qui frappe le Pagure, c'est donc une différence entre deux zones éclairées, l'ombre portée, plus que la lumière réfléchie; il s'ensuit que la sensibilité lumineuse proprement dite domine la vision. La forme n'intervient pas davantage lorsque le Pagure prend contact avec l'objet. Que celui-ci soit lisse ou rugueux, le Pagure tourne autour de lui, jusqu'au moment où l'un de ses péréipodes rencontre une dépression ([1]).

Selon les auteurs, *Eupagurus bernhardus* se distinguerait nettement des autres, quant à la structure de l'ommatidie. Celle-ci réaliserait le type de la vision par apposition. Les autres Pagures seraient pourvus d'ommatidies à vision par superposition. Or, le comportement de ces différentes espèces étant très sensiblement comparable, nous avons repris l'étude de la structure de leurs yeux.

D'une façon très générale, la rétinule des ommatidies vient au contact

---

([2]) Bohn a étudié le sens tactile d'*Eupagurus bernhardus* (*Bull. Inst. Psych.*, 3, 1903, p. 1).

du cône-cristallin. Les noyaux sont localisés à cette zone de contact. Le pigment irien et le pigment rétinien se laissent difficilement délimiter. Les seules différences entre les espèces intéressent la longueur de la rétinule et le développement du rhabdôme. Chez *Eupagurus bernhardus* et *Diogenes pugilator*, le rhabdôme est filiforme sur toute son étendue. La rétinule forme tout autour une gaine cylindrique dont la hauteur atteint le double de celle du cône-cristallin.

Chez les autres Pagures, le rhabdôme, filiforme dans ses deux tiers externes, se renfle en un large fuseau au niveau du tiers interne. La rétinule, renflée au niveau de la zone des noyaux, au contact de la pointe du cône-cristallin, s'amincit considérablement le long du rhabdôme. Sa hauteur atteint quatre fois celle du cône-cristallin. Le pigment rétinien est quatre fois plus étendu.

Il convient de remarquer que, contrairement aux ommatidies typiques pour la vision par superposition, la zone des noyaux de la rétinule est au contact du cône-cristallin, ce qui est le caractère anatomique dominant pour la vision par apposition.

Ainsi, les Pagures manifestent une très grande uniformité en ce qui concerne leurs possibilités visuelles et la structure de leurs yeux. L'étude comparée de leurs ommatidies présente un certain intérêt car, s'ajoutant aux résultats de semblables recherches poursuivies dans divers autres groupes d'Arthropodes, elle montre que la théorie d'Exner ne s'applique qu'à un très petit nombre de cas, que des observations étendues ne permettent pas de généraliser.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le déterminisme de la régénération des membres chez les Phasmes.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans la régénération après autotomie d'un membre, chez le Phasme *Carausius morosus*, j'ai montré le rôle et l'importance du moignon coxal formateur du nouvel appendice [1]. Ce moignon de régénération, considéré suivant son axe longitudinal, présente des régions à potentialités morphogénétiques différentes : si la partie proximale du moignon est supprimée, même jusqu'à un niveau correspondant au milieu de sa longueur, la

---

(1) *Travaux Station Zool. Wimereux*, 13 (Vol. Jub. Caullery), 1939, p. 407.

régénération est possible et normale; au contraire, dans la suppression de la partie distale, c'est au niveau coxo-trochantérien qu'est la limite de possibilité de la régénération ([2]). Cette région coxo-trochantérienne s'est montrée *organisatrice* de la morphologie du régénérat; elle correspond, à peu près, au lieu d'activité initiale de l'hypoderme dans le processus de régénération.

Dans l'expérimentation faisant l'objet de cette Note, j'ai recherché si la totalité de cette région était indispensable pour obtenir une régénération normale. Le processus opératoire a été le suivant : le moignon de régénération est formé par autotomie d'un membre quelconque; le moignon est sectionné ensuite en deux parties égales, suivant le plan médian, jusqu'au milieu de sa longueur; à ce niveau, une demi-section transversale est pratiquée. Un quart du moignon, comprenant la moitié de la région distale est ainsi supprimé. Cette suppression a porté, indifféremment, sur le quart antérieur, ou postérieur; les résultats sont identiques dans les deux cas. Les animaux ont été opérés au deuxième stade larvaire et conservés jusqu'à l'état d'imago.

Nombre d'individus opérés, 97. Individus morts, 27. Individus n'ayant pas régénéré, 49. Individus ayant régénéré des membres anormaux, 9.
Individus ayant régénéré des membres normaux, 12.

Ces résultats permettent de conclure que la *totalité* de la région *organisatrice*, située distalement dans le moignon, n'est pas indispensable pour obtenir un régénérat normal, et qu'elle est équipotentielle, suivant l'axe antéro-postérieur du moignon.

Par ailleurs les résultats de cette expérimentation confirment ceux rappelés au début de cet exposé et localisant dans la région distale du moignon la zone *organisatrice*. En effet, après autotomie d'un membre, le moignon est protégé, indépendamment d'un léger caillot hémorragique, par la membrane hémostatique qui en clôt l'extrémité distale. Dans le cas de la suppression d'une partie proximale du moignon, ce dispositif protecteur n'est pas atteint. Il en est tout autrement dans le cas de la suppression de la région distale, car ce dispositif protecteur est, lui aussi, supprimé. On pouvait alors, à juste titre, invoquer que l'absence de régénération était due, plus à un traumatisme important des éléments formateurs du régénérat qu'à la suppression d'une zone *organisatrice* de la morphologie.

([2]) Le niveau coxo-trochantérien est situé très près du l'extrémité distale du moignon.

Dans les expériences qui viennent d'être exposées et qui comportent la suppression d'un quart du moignon, le traumatisme, tout en étant aussi important, permet, ainsi que les résultats l'indiquent, une régénération normale. L'absence de régénération, après suppression totale de la région distale, n'est donc pas imputable à un facteur traumatique.

En conclusion, c'est bien la présence d'une région *organisatrice*, située distalement dans le moignon, qui détermine la régénération; de plus, cette région peut être considérée comme un système morphogénétique équipotentiel, suivant l'axe antéro-postérieur du moignon.

MICROBIOLOGIE. — *Sur une production économique des toxines microbiennes au moyen de bouillon à base de viande de Cheval impropre à la consommation*. Note [1] de M. **Gaston Ramon** et M^lle^ **Germaine Amoureux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'économie s'impose à l'heure actuelle plus que jamais, dans tous les domaines. Or jusqu'ici la production des antigènes d'origine microbienne, par exemple des toxines tétanique, diphtérique etc... [2], était faite dans des milieux de culture à base de viande de Bœuf ou de Veau, le plus souvent de bonne qualité. Afin de parer aux difficultés d'approvisionnement et de ne point distraire de la consommation cette catégorie de viande, nous avons cherché à lui substituer dans l'obtention des toxines microbiennes des viandes impropres à l'alimentation de l'Homme.

Nos premiers essais ont porté sur la production courante de la toxine tétanique qui, transformée en anatoxine, est nécessaire pour l'immunisation des Chevaux producteurs de sérum antitétanique.

Nous nous sommes servis, dans ces essais, d'un milieu analogue à celui utilisé depuis longtemps par Weinberg et ses collaborateurs pour la culture des germes anaérobies et adapté, au cours de ces dernières années par A. Prévot, par Pochon et nous-mêmes à la production de la toxine tétanique. Dans ce milieu nous avons remplacé la viande et le foie de Bœuf, qui en constituent la base, par du muscle et du foie de Chevaux morts accidentellement ou qui ont succombé à des affections organiques. Ces Chevaux appartiennent d'ailleurs à notre cavalerie productrice de sérums

---

(1) Séance du 7 octobre 1940.

(2) F. Ramon, *Revue d'Immunologie*, 5, 1939, p. 385.

thérapeutiques et leur cadavre n'avait pas d'autre destination que l'équarrissage.

Après divers tâtonnements, nous avons mis au point pour la préparation du milieu, la technique suivante :

$3^{kg},700$ de muscle et $0^{kg},900$ de foie de Cheval sont hachés puis introduits dans 18^{l} d'eau. Le mélange additionné de 150^{cm^3} d'acide chlorhydrique pur et de 10^{g} de pepsine (titré 500) est maintenu à la température de 47-48° pendant 20 heures. La digestion est alors arrêtée, en faisant monter la température de 47-48° à 80°, en l'espace d'une heure environ. Après siphonnage et filtration, le liquide est amené à pH 5,8; il est ensuite précipité par chauffage de 1/4 d'heure à 100°, glucosé à la dose de 8 ‰ et réparti sous le volume de $2^{l},500$, en flacons d'une contenance de 3^{l} et stérilisé à 112° pendant 30 minutes.

La digestion pepsique du mélange viande-foie de cheval laisse un résidu non digéré très peu important; la filtration du liquide s'opère très facilement et n'entraîne pas les difficultés souvent rencontrées lors de la filtration dn produit de la digestion de viande et foie de Bœuf.

Le bouillon ainsi préparé est ensemencé dans les conditions habituelles avec une souche très toxigène du germe tétanique, il fournit après 12 jours d'exposition à la température de l'étuve (33 à 34°) un filtrat toxique dont la valeur antigène est appréciée au moyen de la réaction de floculation pratiquée selon la technique courante. Cette valeur est comprise entre 20 et 50 unités pour des lots de 15 à 18 litres chacun. Elle est de même ordre que celle des échantillons de toxine tétanique obtenue à partir du bouillon à base de digestion pepsique de viande et de foie de Bœuf.

Détail à noter, nous avons constaté que le bouillon préparé au moyen de viande et de foie de Cheval pathologiquement altérés fournit une production de toxine aussi abondante, sinon plus abondante que le bouillon à base de tissus normaux de la même espèce animale.

Ainsi nos essais montrent la possibilité d'employer la viande et le foie de cheval impropres à la consommation dans la production d'une toxine tétanique de valeur antigène très satisfaisante.

D'autres essais, poursuivis parallèlement aux nôtres et à notre instigation par divers expérimentateurs, prouvent, dès maintenant, que l'on peut également substituer cette même viande de Cheval à la viande de Veau pour l'obtention de la toxine diphtérique, à la viande de Bœuf dans la préparation des toxines de divers anaérobies de la gangrène gazeuse etc.

Cette utilisation de la viande de Cheval impropre à la consommation, pour la production des toxines microbiennes, surtout lorsqu'elle porte sur des quantités relativement importantes, comme c'est le cas pour le moment

dans nos laboratoires, est économique au premier chef. Elle offre en outre l'avantage d'un approvisionnement commode en temps de restriction. Elle présente enfin le grand intérêt de ne point priver l'Homme de viande qui doit être, à l'heure actuelle, exclusivement réservée à son alimentation.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Altérations anatomiques des nerfs périphériques au cours des déséquilibres alimentaires d'origine lipidique et d'origine protidique.* Note de MM. **Ivan Bertrand** et **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'étude des lésions nerveuses périphériques observées dans le déséquilibre glucidique aigu obtenu avec un régime riche en galactose nous a montré une dégénérescence cylindraxile très nette, contrastant avec la discrétion de l'atteinte myélinique, alors que les altérations du cylindraxe et de la myéline vont de pair dans l'avitaminose B (1). Nous nous sommes proposé de rechercher s'il en est de même dans les déséquilibres d'origine lipidique ou protidique, obtenus avec des régimes riches en huile de ricin ou en peptone de muscle.

Pour cela, des Pigeons adultes de 350^g environ reçurent respectivement soit 15 ou 20^g d'un régime à 50 % d'huile de ricin, complétés par addition quotidienne de 0,75, 3 ou 4^g de levure de bière desséchée, soit 20^g d'un régime à 82 % de peptone pancréatique de muscle, complétés par addition quotidienne de 1^g de levure. Les sujets dont nous pûmes constater les crises furent sacrifiés par décapitation, 24 heures après le dernier gavage, et les nerfs périphériques, spécialement les sciatiques, furent examinés avec les précautions habituelles.

Déséquilibre lipidique. — Nous prendrons comme type le Pigeon 3766, recevant quotidiennement 15^g de régime et 3^g de levure, tué au 20^e jour. L'imprégnation suivant la technique de Gros-Bielschowsky donne des préparations d'un aspect médiocre et peu satisfaisant à l'œil. Si tous les cylindraxes sont identifiables, il n'en est pas un dont l'imprégnation soit correcte. Le noircissement argentique se fait irrégulièrement par tronçons ou par bandes marginales. Le reste du cylindraxe prend une coloration jaunâtre et finement granuleuse. Dans quelques cas même, on distingue sur les segments mal imprégnés la striation longitudinale neurofibrillaire.

(1) I. Bertrand et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 958.

Le calibre des cylindraxes est généralement supérieur à la normale, mais varie d'un segment à l'autre, offrant un aspect moniliforme. Les renforcements de l'imprégnation, quand ils coïncident avec des portions renflées, donnent aux neurites un aspect comparable à celui d'une canne de bambou. La surface du cylindraxe n'est qu'exceptionnellement lisse; elle se recouvre d'abondantes épines et d'excroissances latérales. Au niveau de quelques segments à peine imprégnés, on reconnaît une ébauche des bandes transversales et longitudinales de la gaine schwannique, mais cette disposition reste exceptionnelle; il est également fort rare de rencontrer les anneaux de Segall ou les filaments en spirales de Rezzonico. La désintégration neuritique n'entraîne ni réaction infiltrative ni mobilisation histiocytaire. Sur les préparations colorées par la méthode de Loyez, la myéline de médiocre qualité apparaît finement spongieuse, très pâle, avec çà et là quelques renforcements de tonalité, mais sans fragmentation.

Chez le sujet 3788, recevant 20^{g} du régime et 4^{g} de levure par jour (tué au 26^{e} jour), les lésions cylindraxiles sont plus accentuées : on note des étranglements, des inclusions bulleuses, de larges entailles latérales, de fines excroissances pédiculées, des étirements extraordinairement grêles. La fragmentation tubulaire représente seulement, suivant les préparations, la dixième ou la vingtième partie des fibres présentes. Les imprégnations à l'acide osmique ne donnent aucune réduction, mais révèlent de nombreuses déformations des contours myéliniques, des invaginations, des bulles centrales, stade précoce qui annonce des dégénérescences lipidiques ultérieures plus profondes.

Chez le Pigeon 3767, recevant 15^{g} de régime et 0^{g},75 de levure par jour (tué au 19^{e} jour), les cylindraxes semblent moins tuméfiés et comme rétractés. La proportion des tubes nerveux dégénérés représente à peine la centième partie du chiffre global des neurites.

Déséquilibre protidique. — Nous retiendrons comme type le Pigeon 3757, recevant quotidiennement 20^{g} de régime et 1^{g} de levure, tué au 39^{e} jour. L'imprégnation argentique selon la méthode de Gros-Bielschwosky montre une atteinte cylindraxile très étendue. Les lésions consistent surtout dans un manque d'affinité argentique. Les zones normalement imprégnées sont rares, elles alternent avec des segments où l'imprégnation reste granuleuse ou manque entièrement. Quand l'imprégnation est incomplète, elle dessine à la surface du cylindraxe des travées ou des réseaux complexes. La région correspondant à l'étranglement de Ranvier apparaît presque toujours convenablement imprégnée. Si la désintégration cylindraxile est

plus avancée, le neurite prend un aspect fantomatique. On observe généralement dans ces régions une sorte d'inversion de la formule imprégnative avec mise en évidence très nette des différentes formations schwanniques, des filaments en spirale et des anneaux de Segall. Bien que le cylindraxe cesse fréquemment d'être identifiable, nous n'avons pas constaté de rupture véritable, avec rétraction des tronçons et phagocytose des débris neuritiques. La méthode de Loyez montre une myéline pâle et de médiocre qualité, mais sans fragmentation tubulaire.

Conclusions. — Les lésions nerveuses périphériques des déséquilibres lipidique et protidique sont assez comparables, en ce sens qu'elles n'interrompent jamais la continuité neuritique, tout en affectant profondément la morphologie cylindraxile.

L'imprégnation médiocre du cylindraxe n'aboutit que très exceptionnellement à la fragmentation tubulaire; cette désintégration axonale s'effectue sans réaction histiocytaire. Les altérations myéliniques concernent la qualité même de la myéline que l'hématoxyline colore très mal.

Le déséquilibre glucidique aigu, qui entraîne des dégénérescences tubulaires massives et des fragmentations étendues, absolument irréversibles, est infiniment plus redoutable que les déséquilibres lipidique et protidique dont les poussées, dégénératives, vraisemblablement suivies de temps d'arrêt, restent atténuées.

La séance est levée à $15^{h}30^{m}$.

ERRATA.

—

(Séance du 16 septembre 1940.)

Note de M. *Paul Pascal* et M^lle^ *Marie-Louise Quinet*, Sur le dosage des carbures aromatiques par extraction au sulfate de méthyle :

Page 195, ligne 2, *au lieu de* concentration, *lire* contraction.

Note de M. *René Lecuir*, Sur l'accord des pâtes et des couvertes céramiques en fonction de leurs structures respectives :

Page 208, ligne 8, *au lieu de* grand, *lire* petit.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 OCTOBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Vito Volterra**, Associé étranger.

M. **Émile Picard** prend ensuite la parole en ces termes :

Vous venez, Messieurs, d'apprendre le décès de notre Associé étranger, M. Vito Volterra, survenu à Rome le 11 octobre dernier. Il était né à Ancône le 3 mai 1860, et il fit ses études à Florence d'abord, et ensuite à Pise. Admis en 1880 à l'École Normale Supérieure de Pise, il fut ensuite successivement nommé Professeur à l'Université de cette ville et à l'Université de Turin. En 1900, il succède à Beltrami dans la chaire de Physique mathématique de l'Université de Rome, qu'il occupa jusqu'en 1931.

L'œuvre scientifique de Volterra est considérable, portant sur l'Analyse mathématique, sur la Mécanique et la Physique mathématique. Ses premiers travaux sur la déformation des surfaces flexibles et inextensibles, sur les figures électro-chimiques, sur certaines classes d'équations différentielles témoignaient déjà d'un esprit original. De bonne heure aussi son attention se porta sur la théorie des fonctions qui, prise dans toute sa généralité, constitue une partie essentielle de l'Analyse. Une contribution importante de Volterra dans ce domaine fut d'abord l'étude des *fonctions de lignes*, qui se rencontrent notamment dans le Calcul des variations. On les trouve aussi en Physique; ainsi l'énergie d'un courant électrique dans un fil métallique qui peut se déplacer et se déformer dans un champ

magnétique est une fonction de ligne. Il semble que Volterra rencontra d'abord des fonctions de lignes dans son Mémoire sur une généralisation de la théorie des fonctions d'une variable imaginaire. L'étude d'une fonction de ligne revient à l'étude d'une fonction d'une infinité de variables indépendantes. Volterra définit sa dérivation et calcule sa variation première. Les difficultés qui se présentent dans l'étude analytique d'un tel être mathématique furent surmontées par Volterra au moyen de la méthode du passage du fini à l'infini, qui fut le classique procédé de l'analyse infinitésimale. Volterra, dans un de ses ouvrages, appelle ce procédé le passage du discontinu au continu. Ce même procédé, dont l'application n'est pas toujours facile, fut appliqué par Volterra dès ses premiers travaux sur les équations intégrales et sur les équations intégro-différentielles. Dans une équation intégrale la fonction inconnue (à l'exclusion de ses dérivées) figure sous le signe d'intégration, et dans une équation intégro-différentielle les dérivées de la fonction y figurent aussi. Les équations célèbres de Fredholm avec des limites constantes pour l'intégrale qui y figure, et celles de Volterra avec des limites variables sont des équations intégrales qui se rencontrent dans un grand nombre de questions d'Analyse et de Physique mathématiques. Ces équations sont linéaires. Le cas des équations non linéaires est beaucoup plus difficile; Volterra a obtenu à leur sujet des résultats d'un très grand intérêt.

Parmi les nombreux mémoires de mécanique que l'on doit à Volterra, signalons son travail sur les corps élastiques à connexion multiple. Il y a pour ces corps des cas d'équilibre qui ne se présentent pas pour les corps à connexion simple. Un corps élastique multiplement connexe, à déformations régulières, peut garder la déformation, étant en équilibre sans l'action de forces extérieures. On obtient ces états d'équilibre par des déformations que Volterra appelle des *distorsions*.

Soucieux surtout des applications, Volterra conserve cependant le souci d'une grande rigueur dans les questions où la nature des fonctions envisagées peut jouer un rôle. Ses études sur l'inversion des intégrales définies le conduisirent à reprendre la question de l'impossibilité de la stratification d'une masse fluide en rotation uniforme, formée de couches ellipsoïdales homothétiques et concentriques avec le minimum d'hypothèses sur la loi de la densité des couches. Le théorème sur l'impossibilité est cependant exact, mais la démonstration était à compléter; c'est ce que fit Volterra.

Que de travaux on pourrait encore citer dans l'œuvre de notre Confrère.

Tel son Mémoire sur la variation des latitudes, où il est porté à attribuer une importance dans cette variation, non seulement à des causes qui altèrent la distribution des masses et changent les moments d'inertie, mais aussi à des mouvements de caractère cyclique ayant lieu à la surface du Globe, qui, sans changer sensiblement les axes et les moments d'inertie ainsi que la distribution des masses, peuvent exercer une action sur le déplacement des pôles. Ce sont, entre autres, les courants marins constants, les courants atmosphériques, les courants des eaux des fleuves jusqu'à la mer qui ne modifient pas sensiblement la distribution des masses et la forme de la Terre.

Je n'ai pas encore parlé d'une partie de l'œuvre de Volterra, à laquelle il attachait une grande importance. Dans la Mécanique classique, la recherche du mouvement d'un système revient à l'intégration d'équations différentielles ordinaires, et, quand on connaît à un instant les valeurs de certaines grandeurs relatives à une position du système ainsi que celles de leurs dérivées premières, il est possible de prévoir le mouvement ultérieur. Or il peut en être autrement, et il est des cas où il faut connaître l'histoire antérieure d'un phénomène pour être en mesure de prévoir son avenir. C'est ce que montrent les phénomènes d'hystérésis en magnétisme, et les métallurgistes savent bien qu'il faut connaître l'histoire antérieure d'un métal pour prévoir ce qu'il deviendra. C'est à cette Mécanique, que l'on a appelée *héréditaire*, que Volterra a consacré un grand effort depuis de longues années. L'introduction de coefficients d'hérédité dans l'étude analytique du phénomène est alors indispensable, et les équations prennent une forme beaucoup plus compliquée. Il y a sans doute pour l'établissement de ces équations des hypothèses à faire, mais c'est là le lot de toutes nos théories, qui ne sont que des moules analytiques ou géométriques, dans lesquels nous cherchons à enfermer, au moins pour un temps, une réalité qui nous échappera peut-être toujours. Volterra s'est occupé d'abord de la théorie héréditaire de l'élasticité, et il a formé les équations intégro-différentielles auxquelles elle conduit. L'étude de l'hérédité dans les phénomènes de la vie ne tarda pas alors à s'imposer, et Volterra consacra de nombreuses études à l'application des mathématiques aux sciences biologiques. Il établit, en particulier, une théorie mathématique de la lutte pour la vie chez certaines espèces vivant ensemble, parvenant, pour les fluctuations des nombres respectifs des individus de ces espèces, à des résultats en accord avec les données statistiques fournies par certains poissons vivant en Méditerranée, et avec des recherches de laboratoire sur les insectes et les protozoaires.

Volterra a fait sur ses travaux de nombreux cours et conférences, tant en Europe qu'en Amérique. Quelques-uns de ces cours ont été publiés, notamment son cours professé à la Sorbonne en 1913 sur *les Fonctions de lignes* et ses leçons de 1931 sur *la Lutte pour la vie* faites aussi à l'Université de Paris.

Volterra avait été élu Correspondant de notre Académie en 1904, et il devint Associé étranger en 1917. Nous avons eu souvent le plaisir de le voir à nos séances pendant les séjours qu'il faisait à Paris où l'appelait la présidence, qui lui avait été confiée, du Comité du Bureau International des Poids et Mesures.

L'œuvre si variée et si profonde de notre illustre Confrère lui assure un rang élevé parmi les savants de notre temps.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Une objection à la définition empirique de la probabilité.* Note de M. **Émile Borel.**

Certains auteurs soutiennent que la définition de la probabilité doit être purement empirique; d'autres pensent au contraire que, dans de nombreux cas, il est préférable de déduire de considérations théoriques, notamment de remarques sur la symétrie, une définition correcte de la probabilité n'empruntant rien à l'expérience. Je voudrais indiquer brièvement un argument peut-être nouveau en faveur du deuxième point de vue.

Considérons une épreuve aléatoire comportant n éventualités parfaitement symétriques (pile ou face, $n=2$; jeu de dés, $n=6$; tirage d'une boule dans une urne où les boules sont identiques, n quelconque). Il est aisé de voir que, si l'épreuve est répétée un très grand nombre de fois, la probabilité pour qu'au bout de kn expériences, on ait obtenu exactement k fois chacun des n résultats possibles, est asymptotiquement égale à

$$p_k = \frac{C_n}{k^s},$$

C_n étant une constante et l'exposant s étant égal à $(n-1)/2$. Par suite, si n est égal à 2 ou à 3, la série Σp_k est divergente et *la probabilité* pour que le résultat symétrique se produise autant de fois que l'on veut, à condition de répéter assez longtemps l'épreuve, *est égale à l'unité*; il est donc alors peut-être possible d'être conduit par l'expérience à une définition correcte de la probabilité élémentaire. Mais, si n atteint

ou dépasse 4, la série Σp_k est convergente et sa somme est inférieure à l'unité. Il est alors certain que le résultat symétrique sera observé seulement un petit nombre de fois, aussi longtemps que l'on poursuive les épreuves, et il est même assez probable que ce résultat symétrique ne se produira jamais, très probable qu'il se produira au plus une fois ou deux. L'expérience ne suggérera donc pas naturellement l'égalité des probabilités élémentaires qui résulte immédiatement des considérations de symétrie.

Les empiristes objecteront que cette égalité, si elle ne se manifeste jamais exactement, apparaîtra cependant comme une limite vers laquelle tendent les rapports des fréquences. On peut leur répondre que, si l'on compare empiriquement la fréquence des cas (très rares) où se produit l'égalité entre les n résultats possibles avec la fréquence des très nombreux cas où il y a de petites différences entre les divers résultats, on constatera que l'égalité est un phénomène tout à fait improbable. Seule une étude théorique et non expérimentale permet d'expliquer ce paradoxe apparent : le phénomène qui correspondrait aux valeurs exactes des probabilités ne se produit qu'exceptionnellement.

Comment, en effet, sans accumuler un trop grand nombre d'épreuves, déduire, de l'observation des fréquences, la loi exacte de probabilité (les méthodes qui nécessitent un trop grand nombre d'épreuves donnent lieu à une objection bien connue : la probabilité peut varier au cours des épreuves); la méthode la plus simple consiste à observer que les écarts par rapport au phénomène symétrique se produisent avec des fréquences approximativement égales, quelle que soit celle des n éventualités à laquelle ils se rapportent; les empiristes sont ainsi conduits à utiliser à posteriori la notion de symétrie qu'il ont refusé d'appliquer à priori.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés optiquement actifs issus de l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3.* Note de MM. **Marcel Delépine** et **Antoine Willemart.**

Ayant précédemment obtenu (¹) les deux antipodes optiques de l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 $C^8H^{12}O^3$ F. 87-89°, [formule (I)], nous leur avons fait subir quelques transformations chimiques pour voir ce que devenait le pouvoir rotatoire, dans diverses molécules qui en dérivent.

(¹) M. Délépine et A. Willemart, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 153.

I. L'hydrogénation de l'acide (I) doit fournir, par suite de la création d'un nouvel atome de carbone asymétrique (numéroté 3), deux acides dihydrogénés, $C^8H^{14}O^3$ [formule (II)]. En pratique, d'après Delépine et A. Horeau [2], en utilisant le nickel Raney comme catalyseur, on obtient surtout un acide cristallisé (F. 91°); l'autre, qui doit effectivement se former, reste dans les huiles toujours abondantes. De plus, pendant l'hydrogénation, il y a toujours sous l'influence du nickel Raney, cette isomérisation singulière signalée par Delépine et Horeau [2] d'une partie de l'acide (I) en un autre acide éthylénique isomère non hydrogénable dans ces conditions [formule (III)], antérieurement décrit par Fargher et Perkin.

CH
$CO^2H.C$ (3) (4) (5) CH^2
$CH^3.CH$ (6) $CH.CH^3$
1 2 7
O
(I).

CH^2
$CO^2H.CH$ CH^2
$CH^3.CH$ $CH.CH^3$
O
(II).

CH^2
$CO^2H.C$ CH^2
$CH^3.C$ $CH.CH^3$
O
(III).

OH CHBr
$CO^2H.C$ CH^3
$CH^3.CH$ $CH.CH^3$
O
(IV).

L'hydrogénation de l'antipode *droit* de l'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 (I) a été effectuée à la pression ordinaire de la façon suivante : on neutralise à la soude $8^g,2$ (1/20ᵉ de molécule) d'acide actif droit, puis on ajoute 5^g de nickel Raney et de l'eau jusqu'au volume global de $75\text{-}100^{cm^3}$. Après une heure et demie d'agitation dans l'hydrogène, on constate qu'il s'est absorbé un volume d'hydrogène de 1000^{cm^3} (à 0° et 760^{mm}), au lieu de 1140^{cm^3} qui correspondraient à la fixation d'une molécule de ce gaz. Le liquide aqueux est filtré, puis additionné d'acide chlorhydrique tant qu'il se forme un précipité cristallin, soit $1^{cm^3},5$ d'acide chlorhydrique (*d*, 1,18).

Ce précipité est formé de l'acide isomère (III). Il est essoré, séché (poids $0^g,6$), puis recristallisé dans 100^{cm^3} de ligroïne : l'acide qu'on obtient a un pouvoir rotatoire de *sens opposé* à celui de l'acide initial et, comme pour celui-ci, est très grand.

Pouvoir rotatoire dans le chloroforme (c 4^g %),

$$[\alpha]_{5893} - 259°;\quad [\alpha]_{5780} - 270°,8;\quad [\alpha]_{5461} - 314°;\quad [\alpha]_{4358} - 606°.$$

La dispersion 2,34 pour 436/589 est nettement plus grande que celle de

---

[2] *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 27; *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, 5, 1938, p. 339.

l'acide (I), qui est de 2,13. Après la séparation de l'acide éthylénique précédent, on ajoute au liquide aqueux $3^{cm^3},5$ d'acide chlorhydrique (d 1,18); puis l'on extrait soigneusement à l'éther. La solution éthérée, séchée, abandonne par évaporation une huile (7 à 8^g) qui se prend lentement, partiellement, en cristaux. Les cristaux sont essorés (soit 3^g), puis recristallisés dans la ligroïne; on obtient de la sorte des cristaux incolores hexagonaux de points de fusion 72° (bloc Maquenne) (point de fusion du racémique 91°); c'est l'un des antipodes de l'acide (II).

Analyse. — Trouvé % H 8,84; C 60,64; Calculé %, $C^8H^{14}O^3$, H 8,8; C 60,80.

Dispersion rotatoire dans le chloroforme (c 5^g %),

$$[\alpha]_{5893} + 18°,8;\quad [\alpha]_{5780} + 19°,07;\quad [\alpha]_{5461} + 22°,02;\quad [\alpha]_{4358} + 39°,4.$$

Le pouvoir rotatoire conserve le sens de celui de l'acide primitif, tout en s'affaiblissant fortement, ce qui arrive ordinairement lorsqu'on passe d'un composé éthylénique à un composé saturé.

II. L'isomérisation de l'acide (I) en l'acide (III) est, comme il a été antérieurement établi ([2]), indépendante de l'hydrogénation; nous l'avons donc effectuée à partir d'un acide (I) lévogyre de façon à obtenir l'acide (III) dextrogyre, antipode de celui obtenu précédemment durant l'hydrogénation.

Pour cela, on neutralise à la soude 1^g d'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 (I) lévogyre. Puis on chauffe vers 100° le sel de sodium ainsi formé avec une suspension de 1^g de nickel Raney (volume total du liquide $15\text{-}20^{cm^3}$). Après 1 heure et demie de chauffage, on filtre le nickel, on acidifie légèrement par l'acide chlorhydrique.

Le précipité obtenu est essoré, séché, puis recristallisé dans 70^{cm^3} de ligroïne : par évaporation, on obtient des cristaux incolores de point de fusion 121° (bloc Maquenne) (point de fusion du racémique, 124°).

Analyse. — Trouvé % H 7,83; C 61,73. Calculé %, $C^8H^{12}O^3$, H 7,7; C 61,5.

Dispersion rotatoire dans le chloroforme (c 1^g %),

$$[\alpha]_{5893} + 253°,5;\quad [\alpha]_{5780} + 266°,6;\quad [\alpha]_{5461} + 309°,2;\quad [\alpha]_{4358} + 598°.$$

III. Enfin, par l'action du brome en solution aqueuse sur l'acide (I), Delépine ([3]) avait obtenu un acide bromé $C^8H^{13}O^4Br$ dont la constitution est vraisemblablement représentée par la formule (IV). Théoriquement, la

([3]) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 20, 1910, p. 389.

saturation de la double liaison par BrOH, créant deux nouveaux atomes de carbone asymétriques, doit aboutir à quatre nouveaux diastéréoisomères à partir de chaque acide actif : en fait, on n'en obtient presque quantitativement qu'un, ce qui indique une orientation puissante, sinon totale, par les carbones asymétriques déjà existants.

Nous avons effectué cette réaction avec une légère modification expérimentale (emploi d'un mélange bromure-bromate au lieu de brome) sur les deux antipodes optiques de l'acide (I), ce qui nous a donné les deux antipodes de l'un des acides bromés représentés par (IV). A titre d'exemple, voici une de nos opérations : on dissout dans 75^{cm^3} d'eau chaude $1^g,56$ (1/100e de molécule) d'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 optiquement actif avec 2^g de bromure de potassium et $0^g,5$ de bromate de potassium. A la solution refroidie, on ajoute 20^{cm^3} d'une solution d'acide sulfurique normal. Après repos, on extrait à l'éther. La solution éthérée, séchée, est concentrée et le résidu est cristallisé dans un mélange d'éther et de benzène.

On obtient ainsi des prismes allongés incolores dont le point de fusion se situe vers 90° (avec décomposition) (point de fusion du racémique 187°). Si l'on opère avec un acide dextrogyre, on obtient un acide bromé dextrogyre et, réciproquement, un acide bromé lévogyre en partant d'un acide lévogyre.

Analyse :	H %.	C %.	Br %.
Trouvé	5,4 et 5,44	35,46 et 35,26	29,65
Calculé, pour $C^8H^{13}O^4Br$........	5,02	37,94	31,62
pour $C^8H^{13}O^4Br + H^2O$.	5,53	35,43	29,52

A noter que les acides bromés actifs (IV) cristallisent avec une molécule d'eau (que le vide n'enlève pas), tandis que l'acide bromé racémique cristallise anhydre.

Dispersion rotatoire dans l'eau de l'acide hydraté ($c\ 3^g$ %),

$[\alpha]_{5893} + 88°,5$; $[\alpha]_{5780} + 91°,1$; $[\alpha]_{5461} + 102°,9$; $[\alpha]_{4358} + 177°,5$;
$[\alpha]_{5893} - 88°,6$; $[\alpha]_{5780} - 91°,7$; $[\alpha]_{5461} - 102°,7$; $[\alpha]_{4358} - 179°,9$.

RAYONS X. — *Les spectres d'absorption* K *du gallium, du germanium, de l'arsenic et du sélénium; influence de l'état chimique.* Note [1] de M. **Horia Hulubei** et Mlle **Yvette Cauchois.**

A l'aide de la technique expérimentale que nous avons établie, nous avons, ainsi que nos collaborateurs, procédé entre autres à l'analyse de

[1] Séance du 30 septembre 1940.

spectres K d'émission ou d'absorption de nombreux éléments. Voici brièvement les résultats d'une étude des spectres d'absorption K de Ga, Ge, As et Se qui, commencée en même temps que celle des émissions K de Ga et Ge par l'un de nous (2), était restée inachevée.

Deux spectrographes à focalisation nous ont servi, l'un à quartz courbé, l'autre à mica courbé. Ils ne diffèrent pas essentiellement de celui qui nous a servi à l'obtention du spectre L du polonium (3); la conduite des expériences est analogue à celle exposée par l'une de nous et I. Manescu (4) à l'occasion d'un récent travail sur les spectres d'absorption L de W, Pt et U. Le tableau ci-après contient les résultats obtenus pour Ga, Ge, As et Se éléments et Ge oxyde à 18°C.

Au voisinage immédiat des discontinuités on observe des structures fines d'absorption très nettes dans les 5 cas, comportant une raie blanche prononcée, toujours suivie d'au moins une raie noire. Au delà, sont des structures secondaires bien visibles, spécialement accentuées pour le germanium sous les deux formes étudiées; elles sont moins apparentes pour l'arsenic, moins encore pour le sélénium. Le gallium présente un comportement particulier attribuable à la proximité de son point de fusion : les structures secondaires, peu contrastées, sont cependant bien mesurables jusqu'à environ 250 eV de la crête; on les avait crues totalement absentes (5), (6); la raie blanche est anormalement large.

Notre travail précise les positions des quatre discontinuités K étudiées, sur lesquelles les données connues étaient peu cohérentes (6), (7), (8). Celles d'As et Se n'avaient pas été vérifiées depuis dix ans; on n'avait que quelques indications pour leurs structures (8), (9); quant au Ga et au Ge métalliques, on possédait, d'après une publication récente (7), pour les discontinuités, des valeurs moins précises mais en bon accord avec les nôtres (malgré une convention différente), et deux courbes où s'aperçoivent les structures les plus proches (jusqu'à 20 eV environ). Nous rapportons

(2) H. Hulubei, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 440.

(3) H. Hulubei et Y. Cauchois, *Disquisitiones Mat. et Phys.*, 1, 1, 1940, p. 141.

(4) Y. Cauchois et I. Manescu, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 172 et *Disquisitiones Mat. et Phys.*, 1, 1, 1940, p. 117.

(5) B. Kievit et G. A. Lindsay, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 648.

(6) W. W. Mutch, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 197.

(7) W. W. Beeman et H. Friedman, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 392.

(8) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2te Aufl., 1931.

(9) H. Zinn, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 659.

TABLEAU (*).

31. *Ga K (métal).*

Données antérieures.	Discontinuité. K.	Raie blanche.	Raie noire.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
1190,2 / 1192,9 } 7....	**1193,2$_6$**	1192$_{,7}$	1191$_{,5}$	1189$_{,8}$	1188$_{,1}$	1185$_{,0}$	1182$_{,9}$	1181$_{,3}$	1179$_{,9}$	1178$_{,6}$	1174$_{,8}$	{ As K α_1 }	1171$_{,0}$	1168$_{,0}$	1164$_{,9}$	u. x.
1192,5 (5)....	763,6$_8$	764$_{,0}$	764$_{,8}$	765$_{,9}$	767$_{,0}$	769$_{,0}$	770$_{,4}$	771$_{,4}$	772$_{,3}$	773$_{,2}$	775$_{,7}$	{ Pb L α_1 }	778$_{,2}$	780$_{,2}$	782$_{,3}$	ν/R
1193,4 (6)....	0	4$_{,3}$	15$_{,1}$	30	45	72	91	105	117	129	163	{ env. 179 }	197	224	252	Δ en eV.

32. *Ge K (métal).*

	K.	R. B.	R. N.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
1114,6 (7)....	**1114,2$_7$**	1113,7$_0$	1112$_{,8}$	1112$_{,3}$	1111$_{,5}$	1110$_{,4}$	1109$_{,6}$	1106$_{,6}$	1103$_{,5}$	1098$_{,7}$	1095$_{,2}$	1092$_{,1}$	1086$_{,1}$	u. x.
1114,3 (6)....	817,8$_2$	818,2$_4$	818$_{,9}$	819$_{,2}$	819$_{,8}$	820$_{,6}$	821$_{,2}$	823$_{,5}$	825$_{,8}$	829$_{,4}$	832$_{,0}$	834$_{,4}$	839$_{,0}$	ν/R
	0	5$_{,7}$	14$_{,6}$	20	28	39	47	77	108	157	193	225	287	Δ en eV.

32. *Ge K (oxyde).*

K.	R. B.	R. N.	Min.	R. N.	Min.	Max. max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
1113,8$_4$	1113,4$_2$	1112$_{,9}$	1112$_{,2}$	1111$_{,7}$	1110$_{,9}$	1109$_{,9}$	1109$_{,3}$	1108$_{,5}$	1106$_{,7}$	1103$_{,5}$	1101$_{,8}$	1099$_{,7}$	1096$_{,5}$	1093$_{,3}$	1091$_{,2}$	1088$_{,0}$	1086$_{,5}$	1083$_{,9}$	u. x.
818,1$_3$	818,4$_4$	818$_{,8}$	819$_{,3}$	819$_{,7}$	820$_{,3}$	821$_{,0}$	821$_{,5}$	822$_{,1}$	823$_{,4}$	825$_{,8}$	827$_{,1}$	828$_{,7}$	831$_{,1}$	833$_{,5}$	835$_{,1}$	837$_{,6}$	838$_{,7}$	840$_{,7}$	ν/R
0	4$_{,2}$	9$_{,1}$	15$_{,9}$	21$_{,3}$	29	39	46	54	72	104	121	143	176	208	230	264	279	306	Δ en eV.

33. *As K (élément).*

	K.	R. B.	R. N.	Min.	R. N.	Min.	Max.	Min.	Max.	
1043,5 } 7...	**1042,8$_6$**	1042,4$_1$	1041,8$_7$	1041$_{,2}$	1040$_{,6}$	1039$_{,7}$	1038$_{,9}$	1036$_{,3}$	1032$_{,4}$	u. x.
1042,49 } 7...	873,8$_2$	874,1$_9$	874,6$_5$	875$_{,2}$	875$_{,7}$	876$_{,5}$	877$_{,1}$	879$_{,3}$	882$_{,9}$	ν/R
1042,63 } 7...	0	5$_{,0}$	11$_{,2}$	18$_{,8}$	25$_{,5}$	36	45	74	120	Δ en eV.

34. *Se K (élément).*

	K.	R. B.	R. N.	Min.	Max.	Min.	Max.	
979,0 } 7...	**977,8$_0$**	977,3$_9$	976$_{,8}$	976$_{,3}$	975$_{,4}$	973$_{,5}$	972$_{,1}$	u. x.
967,8 } 7...	931,9$_6$	932,3$_5$	932$_{,9}$	933$_{,4}$	934$_{,3}$	936$_{,1}$	937$_{,5}$	ν/R
977,73 } 7...	0	5$_{,3}$	12$_{,7}$	19	32	56	74	Δ en eV.

(*) L'indication (max) ou (min) se réfère à l'intensité transmise. D'un élément au suivant, la position dans une même colonne n'implique pas nécessairement d'analogie.

ici des données numériques qui s'étendent aux structures lointaines (jusqu'à 250 eV et 300 eV).

Nous observons d'importantes différences dans les structures, dans le cas du germanium, entre le métal et l'oxyde par suite des modifications des champs de force au voisinage de l'atome et des deux édifices cristallins distincts; la position même de la discontinuité se trouve déplacée pour l'oxyde d'environ 0,4 u.x. soit 4 eV vers les courtes ondes; le maximum le plus intense (max max) est résoluble en deux composantes. Le spectre de cet oxyde était encore inconnu.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur une bouteille de construction simple pour les recherches océanographiques.* Note (1) de M. **Jules Richard.**

Les instruments les plus nécessaires aux recherches océanographiques, tels que les bouteilles à eau, ont atteint des prix tellement élevés que plus d'un hésite à se les procurer. Il y a déjà longtemps que je cherchais une solution pratique à ce problème. Notre habile mécanicien, M. Calleri, a exécuté sur mes données un modèle commode et qui peut être construit très facilement par tout ouvrier soigneux. Il a suffi de modifier légèrement un modèle ancien en lui adaptant un perfectionnement moderne.

Un cyclindre est serré entre deux plaques carrées au moyen de quatre tiges filetées munies d'écrous. L'étanchéité est obtenue par un anneau de caoutchouc placé entre chaque extrémité du cylindre et la plaque correspondante. Les plaques sont percées d'un orifice un peu moins grand que celui du cylindre. Deux soupapes à charnière (2), l'une supérieure, carrée, est extérieure, l'autre inférieure, arrondie, est intérieure. Elles sont reliées, par leur extrémité opposée à la charnière, au moyen d'une chaînette. Les deux soupapes s'ouvrent donc ou se ferment en même temps. Une attache, fixée à la soupape supérieure, est terminée par une boucle qui permet de l'engager dans un des systèmes à déclenchement bien connus fixé sur le câble d'immersion, à la hauteur convenable pour que les deux soupapes

---

(1) Séance du 14 octobre 1940.

(2) La charnière supérieure est formée par une petite tige recourbée vers l'extérieur vissée sur le bord de la plaque, cette petite tige s'engage très librement dans un trou pratiqué au bord correspondant de la soupape. La charnière inférieure ne diffère de la précédente qu'en ce que la petite tige est plus longue et peu penchée vers l'extérieur.

solidaires laissent au cylindre le maximum d'ouverture. L'appareil étant arrivé à la profondeur voulue, on envoie le messager qui libère l'attache. Les deux soupapes retombent sur leur siège et ferment la bouteille qui est alors prête à être remontée. Elles ont leur face inférieure (ou leur siège) garnie de caoutchouc. La chaînette garde un peu de mou afin que la soupape inférieure repose bien librement sur son siège.

Le cylindre peut être en métal, en verre, en carton bakélisé etc. On trouve dans le commerce des cylindres en verre très commodes. Le cylindre peut être remplacé par un tube à section carrée ou rectangulaire. Dans ce cas les soupapes, carrées ou rectangulaires, permettent une ouverture utile plus grande pour la circulation de l'eau.

Le modèle établi est formé d'un cylindre en verre de 20^{cm} de long, $4^{cm},7$ de diamètre intérieur, épais de 4^{mm} à bords rodés, et contenant 350^{cm^3}.

Les plaques percées ont 4^{mm} d'épaisseur. Elles sont en laiton comme les tiges filetées et la chaînette qui relie les deux soupapes. Le laiton pourrait être remplacé par du bronze, de l'acier inoxydable et verni.

Pour vider la bouteille on soulève la soupape supérieure après avoir mis au-dessous de l'inférieure un flacon muni d'un entonnoir. On peut aussi munir chaque soupape ou chaque extrémité du cylindre, s'il est en métal, d'un petit robinet quand on veut recueillir l'eau à l'abri de l'air, pour analyser les gaz dissous. Les soupapes sont alourdies (par du métal de même nature) afin qu'elles ne puissent pas être soulevées à la montée dans les coups de roulis. Cela est surtout nécessaire pour la soupape supérieure. L'eau de mer étant pratiquement incompressible, la soupape inférieure ne peut se soulever sans que la supérieure se soulève. Il est d'ailleurs facile et recommandé de fixer à l'attache qui joint la soupape supérieure au système de déclenchement un poids en plomb touchant presque le rebord supérieur de la soupape. Ce poids tombera sur cette soupape quand celle-ci tombera elle-même. Ce poids, aplati, pourra, au moyen de deux trous, glisser le long des deux guides de la soupape. On peut aussi fixer extérieurement, au milieu de la soupape inférieure, par une chaînette et un porte-mousqueton, un poids en plomb, de forme oblongue, mais le dispositif précédent me paraît meilleur et suffisant.

Le principe de cette bouteille à deux soupapes solidaires avait été appliqué déjà par Scoresby en 1810. Mais, dans son modèle, comme dans le modèle perfectionné Cavendish-Scoresby (1811), on comptait que la bouteille était fermée par le seul fait de la remontée. Malheureusement ce mouvement de remontée pouvait être provoqué par le roulis à une

profondeur quelconque. L'application du messager à cette bouteille rend au contraire le fonctionnement tout à fait sûr, à la profondeur choisie.

Grâce à la présence des tiges filetées, il est très facile de fixer sur l'une d'elles une monture articulée de thermomètre à renversement. Cette monture est tenue dans la position de descente par un crochet engagé dans un prolongement de la soupape supérieure. Quand celle-ci tombe, le crochet se dégage et le thermomètre se renverse.

On peut suspendre la bouteille au bout du câble ou le long de ce câble; on peut aussi en fixer plusieurs les unes au-dessus des autres, à des distances quelconques. Les tiges filetées permettent de fixer facilement les bouteilles sur le câble au moyen de pinces mobiles saisissant à la fois le câble et la tige. On peut ainsi mettre des bouteilles en série pour prélever à la fois à différentes profondeurs des échantillons d'eau, soit qu'il s'agisse d'eau profonde, soit dans le but d'étudier les mouvements des dépôts flottants à diverses profondeurs dans certains estuaires (Gironde, par exemple). Dans ce cas chaque bouteille est munie d'un messager, prêt à glisser le long du câble quand son attache tenue par la monture du thermomètre sera libérée par le renversement de celle-ci. Ce messager ira donc fermer la bouteille située au-dessous et libérer à son tour le messager suivant, etc.

Ce modèle peut être établi sur une échelle quelconque. Un appareil de ce genre, d'une contenance de 10 litres, a servi à recueillir le nanoplancton à grande profondeur pour les recherches de M. F. Bernard au large de Monaco.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages M. **Marcel Delépine** est réélu Membre de la *Commission de Contrôle de la Circulation monétaire*.

CORRESPONDANCE.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Pouvoirs réfringents de mélanges liquides comprenant une solution colloïdale*. Note [1] de M. **Augustin Boutaric** et Mme **Suzanne Anglade-Thévenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

1. Diverses formules ont été proposées pour relier l'indice d'un mélange de liquides à celui des constituants. L'une des plus généralement utilisées

---

[1] Séance du 14 octobre 1940.

est celle qui repose sur l'additivité des pouvoirs réfringents spécifiques

$$\frac{N^2-1}{N^2+2}\frac{M}{D}=\sum\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{m}{d}, \tag{1}$$

n et d désignant l'indice et la masse spécifique du constituant dont la masse dans le mélange est m, N et D représentant l'indice et la masse spécifique du mélange dont la masse totale est M. Nous nous sommes proposé d'examiner si cette formule est valable pour les mélanges dont l'un des constituants est une solution colloïdale.

Dans son étude sur la lumière diffusée par les milieux troubles, lord Rayleigh (²) a montré que la présence des particules doit se traduire par une variation d'indice. L'un de nous (³) a constaté expérimentalement que l'indice de réfraction d'une solution colloïdale est toujours supérieur à celui du liquide intermicellaire, l'écart devant être rattaché à la présence des particules en suspension. Il en résulte que, dans tout mélange d'une solution colloïdale avec un réactif entraînant la dissolution des particules, deux phénomènes de sens inverse seront susceptibles d'apporter des perturbations aux prévisions tirées de la loi d'additivité ci-dessus rapportée : 1° la disparition des particules, ce qui entraîne une diminution d'indice; 2° le passage à l'état de solution vraie de la matière constituant les particules, ce qui s'accompagne d'un accroissement d'indice. Suivant que l'un ou l'autre des deux effets l'emportera, les écarts à la loi d'additivité se produiront dans un sens ou dans l'autre.

Un cas plus simple est celui où l'addition d'un réactif détermine une floculation du colloïde, ce qui, pour le mélange restant, se traduit par une diminution d'indice due à la séparation des granules et à l'adsorption possible sur ceux-ci de molécules dissoutes. On peut prévoir dans ce cas que, sauf production d'un autre effet antagoniste plus important, l'indice de réfraction du mélange restant devra être inférieur à celui que permet de prévoir la règle reposant sur l'additivité des pouvoirs réfringents spécifiques relatifs aux divers constituants.

2. Nous avons étudié les mélanges d'alcool et d'une suspension de résine mastic, d'alcool et d'une solution de gomme arabique, d'une solution électrolytique et d'un sol d'hydrate ferrique. Dans tous les cas,

---

(²) *Phil. Mag.*, 5ᵉ série, **47**, 1899, p. 375.

(³) A. Boutaric et Mˡˡᵉ G. Perreau, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 895; *Revue générale des Colloïdes*, **5**, 1927, p. 658.

nous avons évalué les écarts à la loi d'additivité que traduit la formule (1) par le coefficient

$$\varepsilon = \frac{\sum\left(\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{m}{d}\right) - \frac{N^2-1}{N^2+2}\frac{M}{D}}{\sum\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{m}{d}}.$$

Les mesures faites, dont le détail sera publié ailleurs, montrent que le coefficient ε prend dans tous les cas examinés des valeurs positives de l'ordre de 10^{-3}.

Le mélange d'un sol d'hydrate ferrique concentré ($27^{g},7$ de O^3Fe^2 par litre) et d'une solution de ClK 3N flocule pour une certaine proportion de la solution électrolytique dans le mélange (35 % en volume). En choisissant convenablement les proportions des deux constituants du mélange, on obtient une floculation assez lente pour que l'on puisse déterminer l'indice relatif au mélange du sol d'hydrate ferrique et de la solution de ClK, avant que l'opacification produite par l'évolution du sol qui précède la floculation rende cette mesure d'indice impossible.

La floculation détermine un accroissement important de ε. En effectuant la mesure avant et après sédimentation des micelles, on constate que la valeur de ε passe de $0,78.10^{-3}$ à 12.10^{-3}. Cet accroissement peut être rattaché : 1° à l'élimination des particules en suspension dont la présence, comme l'indique la loi de Lord Rayleigh, se traduit par un accroissement de l'indice; 2° à la fixation par adsorption sur ces particules d'une partie de ClK. Comme, en vertu des lois de l'adsorption, la proportion d'un corps dissous fixé par une certaine masse d'adsorbant va en diminuant à mesure que croît la concentration de la solution, on conçoit que, conformément aux résultats de nos mesures, les écarts ε que fournit le liquide intermicellaire après floculation aillent en diminuant lorsque croît la proportion de ClK dans le mélange.

EFFET RAMAN. — *Spectre de vibration et structure de la molécule de tétranitrométhane*. Note [1] de MM. **Jean-Paul Mathieu** et **Daniel Massignon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le problème de la structure du tétranitrométhane $C-(NO^2)^4$ a déjà été abordé par plusieurs méthodes : la réactivité chimique et l'étude aux rayons X du composé solide paraissent indiquer que l'un des

(1) Séance du 27 octobre 1940.

groupes NO^2 ne joue pas le même rôle que les autres; par contre, le moment électrique et la diffraction des électrons par la substance gazeuse conduisent à une structure symétrique. Nous avons étudié, sur le composé liquide, l'effet Raman et, grâce à l'obligeance de M. Lecomte, l'absorption infrarouge (entre 6 et 17^{μ} seulement). Le tableau suivant donne les fréquences des bandes observées et leur facteur de dépolarisation ρ.

Infr.......	–	–	–	–	–	–	–	601	662	–	795	–
Raman.....	72	180	198	229	357	398	413	606	674	693	804	862
ρ..........	D?	D	P?	0,89	0,48	D	0,87	0,95	0,90	P	D	0,05

Infr..............	958	–	1039	1125	1245	–	–	–	1587	–
Raman...........	952	999	–	–	–	1274	1348	1407	1615	1648
ρ................	D	0,91	–	–	–	0,92	0,07	P	0,91	0,90

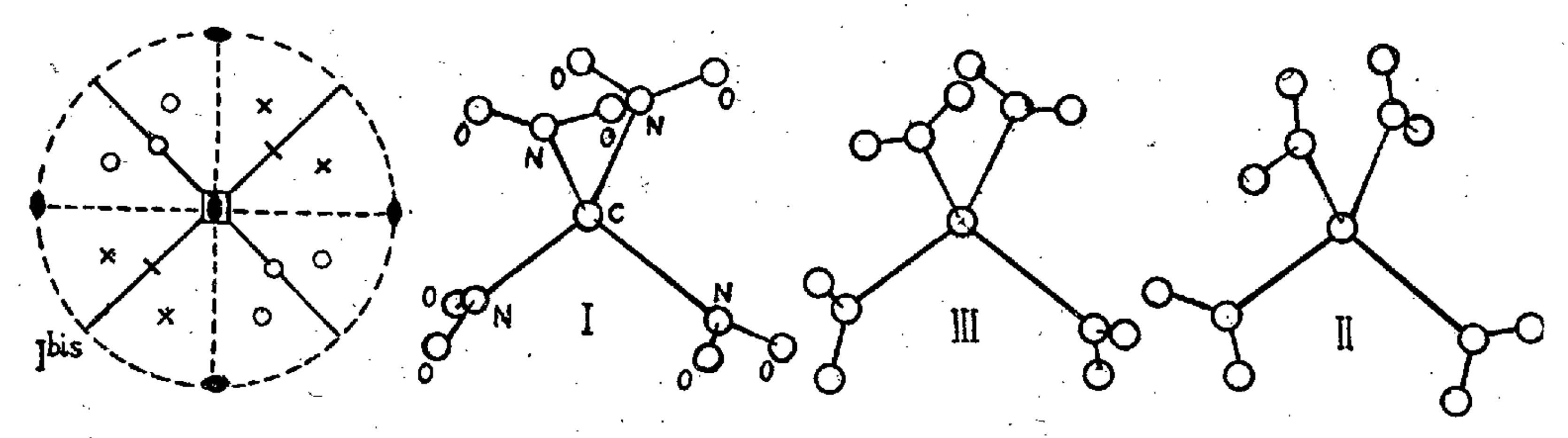
Sur 19 bandes observées (les bandes 1039, 1125 et 1407 sont peu intenses et correspondent à des fréquences de combinaison) 13 sont dépolarisées, ce qui indique une structure de degré de symétrie assez élevée. Écartant de ce fait les formules discutées par Sigdwick [2] et Médard [3], mais aussi, pour des raisons chimiques, une disposition dérivée du groupe T_d, nous considérons les modèles proposés par Stosick [4], figure 1; les modèles I et II appartiennent au groupe de symétrie S_{4u} et le modèle III au groupe S_4; ils diffèrent entre eux par l'orientation des groupes NO^2 autour de la direction C-N.

Pour représenter les modes de vibration de ces modèles, on peut imaginer divers déplacements ou déformations de l'un des groupes NO^2 et les répéter pour les autres en tenant compte des conditions de symétrie, ce qui fournit dans chaque cas une famille de vibrations. En supposant que les actions mutuelles des NO^2 sont faibles par rapport aux forces de liaisons chimiques, on trouve que les fréquences caractéristiques de chaque famille sont voisines. L'une de ces familles dérive de la vibration antisymétrique de valence de NO^2, située, comme on le sait, vers 1600 cm^{-1} : on prévoit pour les modèles II et III une bande polarisée et une dépolarisée, et pour le modèle I deux bandes dépolarisées que l'on observe en 1615 et 1648. Nous raisonnerons donc sur le modèle I, dont I^{bis} représente la projection stéréographique. Pour ce modèle, on prévoit 25 bandes : 5 polarisées

(2) *Organic chemistry of nitrogen*, Oxford, 1937.
(3) *J. Ch. Phys.*, 32, 1935, p. 136.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 1127.

inactives en infrarouge (A_1), 3 interdites (A_2), 5 dépolarisées inactives i. r. (B_1) et 13 dépolarisées actives i. r. (B_2 ou E).

Le tableau montre bien qu'aucune bande polarisée n'apparaît en infrarouge; on y remarque des groupes de 2 ou 3 bandes qui correspondent aux familles définies plus haut. La théorie prévoit 5 familles A_1B_2E, 3 familles A_2B_1E et une vibration isolée B_1.



Parmi les familles A_1B_2E, on classe aussitôt celle qui dérive de la vibration symétrique de valence de NO^2 : 1348 (A_1) et 1275-1245$_{ir}$ (B_2 ou E). A la vibration symétrique de déformation de NO^2 correspond probablement le groupe 693 (A_1), 606-601$_{ir}$ (B_2 ou E) et 674-662$_{ir}$ (B_2 ou E). Le déplacement des NO^2 par rapport à l'atome central immobile doit avoir une fréquence voisine de 850, que l'on trouve pour toutes les nitroparaffines : on trouve ici un groupe 862 (A_1), 804-795$_{ir}$ (B_2 ou E). Deux groupes complets en Raman, 198 (A_1), 180 (B_2 ou E), 229 (E ou B_2), et 357 (A_1), 398 (B_2 ou E), 413 (E ou B_2) doivent, par leur ordre de grandeur, être répartis entre les deux familles correspondant à la déformation des angles des valences C—N.

Parmi les familles A_1B_2E se situe immédiatement celle qui dérive de la vibration antisymétrique de valence de NO^2 : 1648 (B_1) et 1615-1587$_{ir}$ (E). Des deux autres familles, l'une correspond à des torsions autour de la liaison C—N, l'autre à un mouvement de NO^2 qui serait une rotation de ce groupe dans son plan s'il était libre; une seule est apparue dans nos mesures, 998 (B_1), 952-958$_{ir}$ (E).

Reste la vibration B_1 isolée, qui correspond à la torsion des deux arêtes du tétraèdre perpendiculaires à l'axe inverse d'ordre 4; peut-être doit-on lui attribuer la basse fréquence 73 cm^{-1}.

En résumé, les résultats de l'étude des spectres de vibration s'accordent avec le schéma I de symétrie S_{4u}. Au sujet de cette structure, on peut faire deux remarques : d'abord les objets appartenant au groupe S_{4u} sont très rares dans la nature. Ensuite, bien qu'il n'existe dans la molécule qu'un

axe d'ordre supérieur, la structure du méthane se reconnaît encore à ce que les quatre atomes d'azote forment un tétraèdre régulier et non un sphénoèdre; c'est sans doute à ce fait qu'est due la très faible valeur du facteur de dépolarisation pour certaines raies : il y a pseudo-isotropie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des combinaisons formées par le nitrate de thorium et les nitrates d'ammonium, de rubidium, de cæsium.* Note [1] de Mme **Cécile Braseliten**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant mes recherches sur la mise en évidence des différentes combinaisons que peuvent former en solution concentrée le nitrate de thorium et les nitrates alcalins, j'ai appliqué les mêmes méthodes que précédemment (1° chaleur de mélange, 2° détermination des écarts entre les densités trouvées et calculées, 3° des écarts entre les indices de réfraction trouvés et calculés) aux systèmes

$$(NO^3)^4Th—NO^3NH^4;\quad (NO^3)^4Th—NO^3Cs;\quad (NO^3)^4Th—NO^3Rb.$$

Les résultats de ces mesures ont été consignés dans les tableaux ci-après :

Système $(NO^3)^4Th—NO^3NH^4$.
(Les solutions sont 2N.)

Mélange en volume.		Chaleur de mélange	Densité.			Indice de réfraction.		
$(NO^3)^4Th$.	NO^3NH^4.	(6° à 9°).	Trouvée à 9°.	Calculée.	Écart.	Trouvé à 9°.	Calculé.	Écart.
cm³ 32,5	cm³ 7,5	cal 59,27	1,639	1,645	−0,006	1,420	1,4285	−0,0085
30	10	82,2	1,596	1,601	−0,005	1,418	1,4239	−0,0059
25	15	100,8	1,517	1,514	+0,003	1,4085	1,4117	−0,0032
22,5	17,5	97,6	1,472	1,470	+0,002	1,4025	1,4084	−0,0059
20	20	95,4	1,426	1,427	−0,001	1,3978	1,4058	−0,008
17,5	22,5	89	1,377	1,383	−0,006	1,3918	1,4045	−0,0127
15	25	84,7	1,337	1,340	−0,003	1,3875	1,3971	−0,0096
10	30	60,8	1,248	1,252	−0,004	1,374	1,3871	−0,0131

[1] Séance du 14 octobre 1940.

Système $(NO^3)^4Th—NO^3Cs$.
(Les solutions employées sont 0,526N.)

Mélange en volume.		Chaleur de mélange	Densité.			Indice de réfraction.		
$(NO^3)^4Th$.	NO^3Cs.	(4° à 7°).	Trouvée à 8°.	Calculée.	Écart.	Trouvé à 8°.	Calculé.	Écart.
cm³	cm³	cal						
30	10	7,87	1,174	1,175	−0,001	1,357	1,358	−0,001
25	15	7,74	1,160	1,158	+0,002	1,354	1,3545	−0,0005
22,5	17,5	9,59	1,149	1,150	−0,001	1,353	1,353	–
20	20	8,08	1,142	1,1415	+0,0005	1,3514	1,3515	–
17,5	22,5	9,42	1,134	1,133	+0,001	1,350	1,350	–
15	25	7,47	1,123	1,1245	−0,0015	1,3485	1,3485	–
10	30	5,96	1,111	1,108	+0,003	1,345	1,347	−0,002

Système $(NO^3)^4Th—NO^3Rb$.
(Les solutions employées sont 1,228N.)

Mélange en volume.		Chaleur de mélange	Densité.			Indice de réfraction.		
$(NO^3)^4Th$.	NO^3Rb.	(8° à 10°).	Trouvée à 10°.	Calculée.	Écart.	Trouvé à 10°.	Calculé.	Écart.
cm³	cm³	cal						
30	10	35,45	1,397	1,397	0	1,389	1,389	0
25	15	42,24	1,350	1,352	−0,002	1,380	1,383	−0,003
22,5	17,5	44,04	1,327	1,330	−0,003	1,377	1,380	−0,003
20	20	43,7	1,306	1,3075	−0,0015	1,3735	1,376	−0,0025
17,5	22,5	41,7	1,290	1,285	+0,005	1,371	1,3725	−0,0015
15	25	38,5	1,264	1,2625	+0,0015	1,3665	1,369	−0,0025
10	30	28,7	1,221	1,218	+0,003	1,360	1,3615	−0,0015

Les graphiques construits avec les données précédentes (en ordonnées : chaleurs de mélanges, écarts entre les densités trouvées et les densités calculées, écarts entre les indices trouvés et calculés, en abscisses les compositions des mélanges) présentent :

1° pour le système $(NO^3)^4Th—NO^3NH^4$ deux points anguleux faisant prévoir l'existence de deux combinaisons. Celles-ci sont

$$5(NO^3)^4Th, 4NO^3NH^4 \quad \text{et} \quad (NO^3)^4Th, NO^3NH^4;$$

2° pour le système $(NO^3)^4Th—NO^3Cs$ deux maxima très peu nets, correspondant à deux combinaisons qui seraient

$$9(NO^3)^4Th, 7NO^3Cs \quad \text{et} \quad 7(NO^3)^4Th, 9NO^3Cs;$$

3° pour le système $(NO^3)^4Th, NO^3Rb$ un maximum correspondant à $(NO^3)^4Th, NO^3Rb$, seulement pour la courbe des chaleurs de mélange, il n'y a pas concordance avec les deux autres courbes.

J'ai pu isoler les sels suivants

$$5(NO^3)^4Th, 4NO^3NH^4, 25H^2O-(NO^3)^4Th, NO^3NH^4, 8H^2O$$
$$(NO^3)^4Th, 2NO^3Cs-(NO^3)Th, 2NO^3Rb.$$

La composition de ces deux derniers sels ne correspond pas à la composition indiquée par les courbes.

La dessiccation à 40° des sels hydratés a fourni les hydrates

$$5(NO^3)^4Th, 4NO^3NH^4, 11H^2O \quad \text{et} \quad (NO^3)^4Th, NO^3NH^4, H^2O.$$

Au-dessus de 50° ces sels commencent à se décomposer avec perte d'acide nitrique

J'ai mesuré la chaleur de dissolution de chacun des hydrates obtenus :

	cal
$5(NO^3)^4Th, 4NO^3NH^4, 25H^2O$	$-13,5$
$5(NO^3)^4Th, 4NO^3NH^4, 11H^2O$	$+20,09$
$(NO^3)^4Th, NO^3NH^4, 8H^2O$	$-9,69$
$(NO^3)^4Th, NO^3NH^4, H^2O$	$+4,54$

CÉRAMIQUE. — *Sur le rôle des engobes dans la céramique d'Extrême-Orient.* Note (¹) de M. **René Lecuir.**

Les engobes sont généralement définies comme des pâtes, dont les pièces sont recouvertes sur cru ou sur dégourdi, soit pour cacher la couleur de la terre, soit pour former une décoration; j'ai constaté que les céramistes chinois, aux débuts de la dynastie *Song*, c'est-à-dire vers le x^e siècle, ont eu fréquemment recours, et dans certaines fabrications d'une manière systématique, à l'emploi des engobes dans un but différent. Leur engobe est en effet caractérisée par une fusibilité légèrement supérieure à celle de la terre elle-même; par suite, bien qu'elle reste hétérogène, elle est cependant déjà vitrifiée quand la terre est encore insuffisamment cuite pour être parfaitement imperméable; en raison même de sa structure hétérogène voisine de celle de la terre, elle s'accorde parfaitement avec celle-ci, ainsi que je l'ai exposé précédemment (²).

En même temps, son aspect est loin de présenter le poli et l'éclat de

(¹) Séance du 14 octobre 1940.
(²) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 207.

l'émail; par suite, elle est généralement surémaillée d'une couverte, dont la structure est celle d'un verre transparent ou opaque.

La tressaillure éventuelle de cette couverte ne se présente plus alors comme un défaut de fabrication, l'étanchéité de l'objet étant assurée par l'engobe qui le recouvre. En particulier, j'ai constaté que cette technique est caractéristique des *truités* et *craquelés* de haute époque, recherchés pour le caractère décoratif qui résulte de la coloration des fentes de la couverte tressaillée. J'ai reproduit ces pièces et constaté que le réseau des tressaillures ainsi obtenues diffère de celui qui est produit, sur les pièces plus récentes, par la seule différence des dilatations de la terre et de la couverte, comme l'a montré Vogt ([3]).

J'ai observé que la raison première de cette engobe est devenue de moins en moins nécessaire, à mesure que se sont perfectionnés les moyens de cuisson; elle a, cependant, persisté, en tant que moyen décoratif en Chine, jusqu'aux environs du XVIIe siècle; d'autre part, cette technique a été introduite au Japon dès le XIIIe siècle par le potier Toshiro, et maintenue par les potiers coréens, de sorte que l'emploi d'une engobe est une caractéristique de la céramique japonaise jusqu'au XVIIIe siècle. En Chine, j'ai noté l'emploi d'une légère couche d'engobe, opacifiée en blanc dans certains bleus de cobalt sous couverte de la dynastie *Ming*, destinée à substituer à une porcelaine, dont la pâte est encore ferrugineuse, un blanc plus pur.

J'ai constaté que la superposition sur la pâte de deux couches vitrifiées a été l'occasion de ce procédé décoratif où la richesse de la matière et la finesse de la coloration rendent tout décor peint superflu; les céramistes de l'Extrême-Orient, hantés par l'existence des pierres dures et en particulier du jade, ont cherché, en effet, leur inspiration dans la nature et proscrit souvent et volontairement tout procédé décoratif tendant à faire de leur technique une branche secondaire de la peinture.

Les notions d'émaux opaques et transparents sont insuffisantes pour expliquer ces fabrications. Cette classification se base, en effet, sur la visibilité ou l'invisibilité de la terre que recouvre l'émail; elle a conduit empiriquement à réserver le nom d'opacifiants à certains composés chimiques privilégiés. J'ai constaté que le mode d'opacification varie le plus souvent avec la température maxima atteinte, la composition de l'émail de base, et les proportions stœchiométriques de celui-ci et des

---

([3]) *Bull. Soc. Encour.*, 5, 5, 1900, p. 630.

composés utilisés comme opacifiants; la théorie F. Haber ([4]), basée sur l'opalescence de l'émail, réalisée elle-même par Shott et Herschkewitz ([5]) en introduisant dans un milieu vitreux un composé en suspension de coefficient de réfraction différent, explique l'opacité par la diffusion de la lumière sur une grande quantité de particules dans toutes les positions possibles; cette théorie est en accord avec mes expériences.

La plus ou moins grande opacité de l'émail n'est pas cependant le seul facteur dont dépendent ses propriétés optiques. J'ai trouvé qu'il y aurait intérêt à ne pas négliger d'autres facteurs, en particulier l'éclat superficiel, c'est-à-dire le poli plus ou moins parfait de sa surface; la surface plus ou moins polie de la terre elle-même dépendant du grain de la pâte; enfin la transparence éventuelle de la pâte elle-même.

Je n'ai pas recherché une expression quantitative de ces propriétés optiques, ce problème ne pouvant être traité sous l'angle purement physique dans une industrie dont les matériaux ne restent pas arbitraires, et dont le facteur déterminant de fabrication est la convenance de l'objet avec sa destination. C'est justement dans la mesure où l'intelligence et la sensibilité du céramiste tirent parti de ces matériaux qu'il est possible de parler d'art céramique. J'indiquerai ici que les différentes solutions données à ce problème dans des fabrications célèbres possèdent un caractère structural commun.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode générale de synthèse et propriétés des anhydrides arylidène-homophtaliques.* Note de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'acide homophtalique (I) possède dans sa molécule un groupement méthylène dont l'acidité se révèle au cours d'un certain nombre de réactions. C'est ainsi, par exemple, que l'homophtalate d'éthyle réagit en présence d'éthylate de potassium sur le bromure de benzyle pour donner l'éther benzylhomophtalique ([1]), et sur la benzaldéhyde pour donner le benzylidène-homophtalate d'éthyle (III). Cette mobilité des deux hydrogènes méthyléniques est encore renforcée par la cyclisation, et

---

([4]) *Journ. soc. Chim. ind.*, 33, 1914, p. 491.
([5]) *J. F. Gasbel. u. Wasserverserg*, n° 26, 1901.

([1]) W. Dieckmann, *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.*, 47, 1914, p. 1425.

l'anhydride homophtalique (II) est même capable de réagir sur les sels de diazonium ([2]).

$$C^6H^4\langle{}^{CH^2-CO^2H}_{CO^2H\ (2)}\quad (I).\qquad C^6H^4\langle{}^{CH^2-CO}_{CO-O}\quad (II).\qquad C^6H^4\langle{}^{C\langle{}^{CH-C^6H^5}_{CO^2C^2H^5}}_{CO^2C^2H^5}\quad (III).$$

Je me suis demandé s'il n'était pas alors possible de condenser directement cet anhydride avec les aldéhydes aromatiques, par une réaction analogue à celle de Knoevenagel qui met en jeu l'acide malonique. Je devais aboutir ainsi aux anhydrides arylidène-homophtaliques (IV), substances fort intéressantes à priori, car elles contiennent dans leur molécule un système de doubles liaisons conjuguées qui les rapprochent des fulgides. De plus leur hydrolyse permettrait de préparer les acides arylidène-homophtaliques (V) qui, eux-mêmes, fourniraient les acides arylhomophtaliques correspondants (VI), par une simple réduction.

$$C^6H^4\langle{}^{C\langle{}^{CH-Ar}_{CO}}_{CO-O}\ (IV) \xrightarrow{+H^2O} C^6H^4\langle{}^{C\langle{}^{CH-Ar}_{CO^2H}}_{CO^2H}\ (V) \xrightarrow{+H^2O} C^6H^4\langle{}^{CH\langle{}^{CH^2-Ar}_{CO^2H}}_{CO^2H}\ (VI)$$

L'expérience a montré qu'il est effectivement possible de réaliser cette condensation, soit, le plus souvent, par chauffage plus ou moins prolongé au sein du toluène en présence de pipéridine, ou au sein de l'acide acétique glacial en présence d'anhydride acétique; soit, parfois plus simplement, par fusion directe des deux composants. Il a été obtenu ainsi, avec des rendements variant de 50 à 100 %, toute une série de substances dont seul le premier terme est connu jusqu'ici :

1° *Anhydride benzylidène-homophtalique* $C^{16}H^{10}O^3$, déjà préparé par Dieckmann selon une autre méthode; F. 135°; solution sulfurique jaune orangé;

2° *Anhydride anisylidène-homophtalique* $C^{17}H^{12}O^4$, F. 146°, cristaux jaune orangé, solution sulfurique rouge foncé;

3° *Anhydride pipéronylidène-homophtalique* $C^{17}H^{10}O^5$, F. 196°, fines aiguilles prismatiques orangées, solution sulfurique rouge brun;

4° *Anhydride vanillidène-homophtalique* $C^{17}H^{12}O^5$, F. 168°, poudre cristalline orangée, solution sulfurique rouge, solutions alcalines de couleur rouge pourpre intense mais très fugace;

5° *Anhydride orthonitrobenzylidène-homophtalique* $C^{16}H^9O^5N$, F. 193°, gros cristaux jaunes, solution sulfurique jaune;

([2]) W. DIECKMANN et W. MEISER, *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.*, 41, 1908, p. 3253.

6° *Anhydride métanitrobenzylidène-homophtalique* $C^{16}H^{9}O^{5}N$, F. 238°, fins cristaux jaune soufre;

7° *Anhydride para-aldéhydobenzylidène-homophtalique* $C^{17}H^{10}O^{4}$, existe sous 2 variétés isomères : une forme stable, rouge, F. 322°, qui se transpose en une variété labile, jaune, par irradiation avec la lumière solaire. Cette forme jaune redevient rouge par chauffage; les 2 isomères donnent des solutions sulfuriques de couleur rouge foncé;

8° *Anhydride para-diméthylaminobenzylidène-homophtalique* $C^{18}H^{15}O^{3}N$, F. 169°, cristaux rouges, très brillants; solution sulfurique jaune orangé.

9° *Anhydride cinnamylidène-homophtalique* $C^{18}H^{12}O^{3}$, F. 218°, cristaux de couleur jaune d'or, virant à l'orangé par chauffage, solution sulfurique rouge sang.

10° *Anhydride furylidène-homophtalique* $C^{14}H^{8}O^{4}$, F. 126°, cristaux jaunes, solution sulfurique rouge orangé.

Tous ces anhydrides s'hydrolysent facilement en milieu alcalin, et se transforment en acides (V) incolores ou très faiblement colorés, sur les propriétés chimiques et spectrales desquels je ferai un prochain exposé. Cette différence importante de couleur entre un diacide et son anhydride peut, semble-t-il, s'expliquer par une déformation forcée des angles de valence du chromophore éthylénique (3) du fait de la cyclisation.

En ce qui concerne enfin l'influence des substitutions sur le phénomène d'halochromie, les régularités observées sur les solutions d'anhydrides arylidène-homophtaliques dans $SO^{4}H^{2}$ sont parallèles à celles remarquées par H. Stobbe et Haertel (4) sur les cétones éthyléniques, ainsi qu'à celles de P. Pfeiffer (5).

ZOOLOGIE. — *Quelques observations sur le développement embryonnaire d'un Balanoglosse de l'Indochine* (Saccobalanus minutus *Kow.*). Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le développement embryonnaire de *Saccobalanus minutus* Kow. n'a été observé qu'en 1927, où j'ai constaté, à Naples, que, chez cette espèce, l'ontogénèse suit la voie directe, sans larve *Tornaria*. Le fait m'a paru assez inattendu et, vu les conditions plutôt anormales où avait eu lieu le développement des œufs, dans les trois pontes fort tardives que j'avais eues à

(3) Mme Ramart-Lucas, *Atti del X° Congresso internazionale di Chimica*, Rome, 1939, III, p. 347.

(4) *Liebig's Ann.*, 370, 1909, p. 99.

(5) *Liebig's Ann.*, 412, 1916, p. 286.

ma disposition, je cherchais toujours une occasion de vérifier mes observations sur du matériel normal. N'ayant pas trouvé cette occasion pendant mon séjour au bord de la Méditerranée française [où le *Saccobalanus minutus* se rencontre aussi par endroits (¹)], j'ai été assez heureux pour la rencontrer pendant mon séjour en Indochine, où j'ai trouvé ce Balanoglosse en plusieurs localités et où j'ai réussi plusieurs fois à obtenir ses pontes.

Je peux confirmer tout d'abord mes anciennes observations de Naples, mais il convient de retenir l'attention sur un point essentiel : le développement direct de *Saccobalanus minutus* est, chez cette espèce, un processus plutôt occasionnel, provoqué par des conditions extérieures désavantageuses. Dans les conditions normales, il comporte la métamorphose typique. En effet, plusieurs pontes du *Saccobalanus* du Golfe de Siam (côtes du Cambodge), au mois de décembre, c'est-à-dire pendant la saison sèche, *m'ont donné de belles Tornaria*, dans lesquelles j'ai reconnu une des espèces de ces larves caractéristiques, rencontrée dans le plancton des côtes du Sud-Annam, surtout en mars-avril, période qui, dans ces parages, coïncide avec le commencement de la belle saison.

Je ne sais pas quelle allure prend l'ontogénèse de *Saccobalanus minutus* sur les côtes d'Annam, pendant la saison estivale. L'apparition régulière de ses *Tornaria* dans le plancton des baies fermées du Sud-Annam nous autorise à penser que, dans cette partie du littoral indochinois, son développement suit, pendant la belle saison, la même voie que dans le Golfe de Siam.

Je n'ai trouvé en Annam le Balanoglosse lui-même que dans la région de Tourane, où il paraît être rare et très localisé. Or, mes séjours dans cette région coïncidaient toujours avec la saison de la mousson de Nord-Est, qui ne favorise pas le fonctionnement normal de la vie animale dans la zone côtière du littoral annamite. Des apports considérables d'eau douce y déclenchent une série de facteurs qui déterminent des changements radicaux dans le régime hydrobiologique côtier. Citons, entre autres, la dessalure, favorisant la multiplication énorme des végétaux planctoniques (grâce à la recrudescence de l'assimilation chlorophylienne), l'appauvrissement de l'eau en oxygène, son enrichissement en certaines substances chimiques apportées par les rivières en crue, l'instabilité du pH etc. Tous

(¹) M. Caullery m'a dit avoir trouvé *S. minutus* dans la rade de Toulon, à Tamaris-sur-Mer, dans les rhizomes de *Posidonia* (avril 1897).

ces facteurs ont une influence fâcheuse sur la faune animale, en créant un milieu tout à fait défavorable au fonctionnement normal des processus vitaux.

C'est dans ce milieu plutôt défectueux que j'ai observé la ponte et le développement du *Saccobalanus minutus*, dans la région de Tourane, en décembre 1930, et j'ai pu constater que, dans ces conditions défavorables, l'ontogénèse manifeste toute une série de déviations du développement normal. La gastrula, au lieu de donner la larve *Tornaria* pélagique, se transforme en un embryon ovalaire, couvert uniformément de cils fins. Cet embryon s'allonge et devient *directement* bi- et trimétamérique. Le segment antérieur représente l'ébauche de la trompe, le deuxième, sensiblement plus court que les deux autres, est celui du collier, tandis que le segment postérieur correspond au futur tronc du Balanoglosse. Au milieu de ce troisième segment se dessine un léger sillon circulaire, correspondant à la ceinture ciliée préanale de la *Tornaria*. La ceinture elle-même fait complètement défaut, ainsi que la touffe de cils apicale, mais la plaque syncipitale est suffisamment reconnaissable. A ce stade trimétamérique, l'embryon manifeste une ressemblance extérieure frappante avec celui des Balanoglosses à développement direct, mais l'examen histologique montre que nous avons affaire à une *Tornaria* fortement modifiée. En effet, au stade bimétamérique, l'embryon, bien que nettement métamérisé et privé des bandes ciliées, présente, en ce qui concerne son organisation intérieure, une ressemblance frappante avec la *Tornaria*. Sa métamérisation n'est que superficielle, sans segmentation correspondante du cœlome. Les ébauches cœlomiques paires n'apparaissent que plus tard, et l'embryon, même au moment de la réalisation de sa trimétamérie, ne possède qu'une seule vésicule cœlomique, caractéristique de la Tornaria, le cœlome antérieur.

De plus, ce cœlome impair présente une structure parfaitement conforme au schéma de la structure du cœlome de *Tornaria*. C'est un sac allongé, orienté horizontalement, appliqué sur l'œsophage et muni d'un pore extérieur dorsal. La bouche apparaît au stade bimétamérique, et l'on trouve alors le tube digestif subdivisé en trois portions, dont la moyenne, représentant l'estomac, est fortement renflée. Tout l'espace entre l'appareil digestif et l'ectoderme est occupé par la cavité primaire, dans laquelle sont dispersées des cellules cœlenchymateuses isolées.

Ces faits me semblent autoriser à conclure que mes anciennes observations sur le développement direct de *Saccobalanus minutus*, à Naples,

correspondent à un matériel anormal. Je suis porté à croire que, dans les pontes normales, le développement de la forme méditerranéenne suit une autre voie, en passant par le stade de *Tornaria* et en subissant la métamorphose habituelle.

En tous cas, la plasticité du développement de *Saccobalanus minutus* est un fait très intéressant au point de vue de la biologie générale.

BIOLOGIE. — *Sur le déterminisme des caractères sexuels secondaires des Lophogastrides* (*Crustacés-Mysidacés.*) Note (¹) de M. **Louis Fage**, présentée par M. Louis Bouvier.

Chez les Lophogastrides, et, en particulier, dans les genres *Ceratolepis*, *Chalaraspis*, *Lophogaster* et *Gnathophausia*, la structure des sternites thoraciques est différente dans les deux sexes. Les mâles ont ces sternites ornés d'une ou deux saillies médianes qui font défaut aux femelles, chez lesquelles on observe, à la même place, des plages granuleuses d'où partent de longues soies barbelées qui, dans la cavité incubatrice, s'insinuent entre les œufs ou les embryons.

Dans les genres *Gnathophausia* et *Lophogaster* j'ai pu, sur le matériel rapporté par l'Expédition du *Dana*, suivre le développement de ces organes.

Chez les *Gnathophausia* les tout jeunes individus des deux sexes ont, au milieu des sternites thoraciques, une courte saillie en forme de bouton qui est l'ébauche de la pointe sternale. En même temps qu'apparaît chez les femelles le premier rudiment des oostégites, quelques courtes soies prennent naissance à la base antérieure de ce bouton. Au fur et à mesure que l'animal s'accroît, ces poils s'allongent, augmentent de nombre, tandis que peu à peu la saillie s'atténue et finit par disparaître complètement. Les femelles adultes présentent alors sur la moitié postérieure de chaque sternite une large plaque grenue où prennent insertions deux touffes denses de longs poils barbelés qui, durant l'incubation, formeront un feutrage serré entre les œufs ou les embryons. Chez les mâles au contraire, la pointe sternale s'allonge, croît avec l'âge et jamais ne se forment les longs poils, apanage exclusif des femelles (²). Cette évolution, régressive

(¹) Séance du 30 septembre 1940.

(²) *Arch. de Zool. exp. et gén.*, 78, 1936, *N. et R.*, 3, p. 145 à 154.

chez les femelles, progressive chez les mâles, se fait donc sans à-coup, chaque mue marquant une étape nouvelle vers la structure de l'adulte.

Dans le genre *Lophogaster*, les pointes sternales ont été parfaitement vues et figurées par M. Sars (1862). Elles ont la forme d'une longue épine recourbée vers l'avant et précédée par une courte saillie plus ou moins aiguë. La femelle adulte n'offre ni pointe, ni saillie, mais possède sur les mêmes sternites thoraciques quatre touffes de longs poils barbelés : deux submédianes et, de chaque côté, près de la base des appendices, une touffe latérale moins fournie.

Là aussi les tout jeunes individus mâles ou femelles montrent une ébauche identique des pointes sternales. Mais, alors que chez les femelles de *Gnathophausia* cette ébauche regresse bientôt, chez les *Lophogaster* des deux sexes elle poursuit au cours des mues successives son développement normal et les immatures mâles ou femelles de même taille ont des épines sternales de même longueur. Celles des femelles sont flanquées à la base de quelques poils qui, apparus de bonne heure, en même temps que les oostégites, ont progressivement augmenté de longueur et de nombre. Puis, brusquement, sur le point d'atteindre sa complète maturité, la femelle, après une sorte de mue imaginale, perd d'emblée et totalement ses épines sternales, et apparaît avec, sur ses sternites, l'ornementation définitive propre à son sexe. A ce moment les oostégites sont complètement développés et la ponte est prochaine. Quant au mâle, il conserve, sa vie durant et sans modification, ses épines sternales.

Ainsi, chez les *Gnathophausia* et les *Lophogaster*, les femelles acquièrent plus ou moins tôt leurs caractères propres : apparition des poils barbelés et régression progressive ou brusque de la pointe sternale. Les mâles, au contraire, conservent dans la structure de leurs sternites une disposition déjà réalisée à l'état d'ébauche chez le jeune : leurs pointes sternales se trouvent simplement accrues à l'échelle de l'adulte. La maturité des gonades n'a, de ce côté, apporté aucun trouble dans le développement, à tel point que la morphologie des mâles apparaît sexuellement indifférenciée.

Cette constatation est d'accord avec les modifications unisexuelles des *Gnathophausia* parasités par l'*Amallocystis fasciatus*. Je rappelle que la présence de ce Protiste, implanté au centre du premier sternite abdominal des *Gn. zoea* et *ingens*, n'a aucune action morphogène sur les mâles, tandis qu'elle détermine chez les femelles, en même temps qu'un arrêt de croissance des oostégites, la persistance des pointes sternales caractéristiques des mâles [2].

Ces faits sont à rapprocher des résultats obtenus par Mori (³) dans ses expériences de castration du *Daphnia magna*, où la destruction des gonades arrête ou contrarie, chez la femelle, le développement des lames incubatrices, tandis qu'elle n'empêche aucunement, chez les mâles, l'évolution des caractères sexuels. Ils tendent à prouver que, dans certains cas au moins, s'il existe une hormone mâle, elle est indépendante des gonades, alors que l'hormone femelle serait liée à celles-ci. Ainsi se trouverait confirmée l'opinion de Courrier (⁴), qui admet que les éléments séminaux ne conditionnent pas les caractères sexuels secondaires des Arthropodes.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Rythme biologique saisonnier d'un Moustique d'eau de mer*, Aëdes desbansi *Seguy*, 1923. Note de M. **Maurice Mathis**, présentée par M. Émile Roubaud.

Ce Moustique, de la famille des Aëdines, est une sous-espèce voisine de l'*Aëdes mariæ* Ed. Sergent 1903 (¹); il a été découvert à Toulon et décrit par E. Séguy en 1923 (²). En 1928, nous l'avons retrouvé et nous avons obtenu en captivité son cycle biologique complet : accouplement des adultes et pontes des femelles (³). Cette forme est particulière à la côte provençale, de même que le *mariæ* est répandu sur tout le littoral algérien et marocain (⁴), (⁵). Ce qui caractérise biologiquement les espèces de ce groupe, c'est de vivre en été dans des gîtes d'eau de mer à concentration très élevée en NaCl (rock-pools). Au Maroc on trouve le *mariæ* jusque dans la zone des marais salants, utilisés pour l'extraction du sel marin. Tous les observateurs qui ont été frappés de cette localisation et de la concentration des gîtes en NaCl ne l'ont jamais découvert en eau douce.

Pour notre part nous avons, dès notre première Communication, signalé la possibilité de faire passer les larves du *desbansi* sans transition de milieux à concentration en NaCl très variés, en eau douce. En 1937, nos recherches étaient confirmées au Maroc par A. Messerlin (⁵).

(³) *Zeitsch. f. wiss. Zool.*, 144, 1933, p. 289-316 et 573-612.
(⁴) *Comptes rendus*, **173**, 1922, p. 668-671.

(¹) *Thèse de Médecine*, Paris, 1903.
(²) *Ann. Soc. ent. France*, **92**, 1923, p. 205.
(³) Maurice Mathis, *Bull. Soc. de Path. exot.*, **22**, 1929, p. 179; **27**, 1934, p. 757.
(⁴) Et. Sergent, *C. R. de la Soc. de Biol.*, **125**, 1929, p. 108.
(⁵) *Bull. Soc. de Path. exot.*, **31**, 1938. p. 110.

En 1933, étudiant expérimentalement le tropisme de ponte des femelles, issues d'élevages larvaires identiques, nous arrivions aux résultats suivants : pontes en eau douce, 44 % ; en eau à 80^g de NaCl par litre, 53 % ; en eau à 60^g, 8,50 % ; en eau à 100^g 0,5 %.

Une question importante restait à résoudre. Comment s'était faite ou avait pu se faire l'adaptation progressive de cet *Aëdes* aux eaux contenant une telle concentration en NaCl. Chargé d'une Mission entomologique par l'Institut Pasteur dans le Var, en avril 1940, nous avons pu apporter à ce problème un début de solution.

L'examen attentif des gîtes habituels de la saison estivale que nous avions repérés avec précision sur la carte ne nous révéla pas, à cette époque de l'année, la moindre larve. Nous fûmes d'ailleurs convaincu très rapidement que ces gîtes ne pouvaient pas contenir de larves, étant constamment balayés par les vagues et les grosses marées hivernales. Poursuivant nos recherches et favorisé par la disposition géologique de la falaise, nous eûmes la chance de découvrir à une trentaine de mètres au-dessus du niveau de la mer, près des pins maritimes, un gîte de larves. Or ces larves vivaient ici dans un *gîte d'eau douce naturelle*.

La solution du problème découlait donc de l'ensemble de nos observations, jusque-là incomplètes. Dès la saison sèche, qui se prolonge de mai à septembre dans la région provençale, les Moustiques adultes semblent rechercher l'eau salée pour pondre; ils descendent progressivement au niveau de la mer et des rock-pools, sans s'écarter de la côte. Dès l'automne et les grandes marées d'équinoxe, accompagnées de pluies, les femelles abandonnent les gîtes balayés par les vagues et remontent insensiblement vers des eaux de moins en moins salées. Dans les flaques résiduelles, les dilutions successives de l'eau de mer se font par un apport moindre d'embruns et un apport massif d'eaux de pluie ou de ruissellement. Au terme de la recherche de leurs gîtes, les femelles s'écartant du rivage immédiat vont pondre dans des eaux douces.

Ce rythme saisonnier, annuel, alternatif, des eaux salées vers l'eau douce et *vice versa*, est un fait nouveau dans la biologie de ce groupe de Moustiques halophiles. Cette alternance cyclique est-elle due à la recherche fortuite des gîtes de pontes convenables, ou répond-elle à une variation cyclique régulière des tropismes de ponte? Cette alternance s'inscrit-elle héréditairement dans la suite des générations comme une nécessité vitale? Ceci expliquerait, dans une certaine mesure, l'impossibilité où l'on s'est trouvé jusqu'à ce jour d'élever ce Moustique, dans les conditions de

captivité, en eau douce ou en eau salée après plusieurs générations. Celles de la fin de l'été que nous avons élevées à l'Insectarium de l'Institut Pasteur de Paris, en *eau douce*, se sont normalement comportées; au contraire, celles du début du printemps, élevées dans les mêmes conditions, ont péri immédiatement. Quoique de nouvelles expériences soient nécessaires pour résoudre ce problème, dont la solution s'est trouvée interrompue par les événements, nous croyons utile de signaler dès à présent l'*alternance saisonnière, annuelle, des gîtes*, chez un Moustique littoral. Selon les circonstances, l'*Aëdes desbansi*, du groupe de l'*Aëdes mariæ*, se montre susceptible de se développer, tantôt dans des eaux de mer à hautes concentrations, tantôt dans des eaux douces.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nature et propriétés de l'acridioxanthine*. Note de M. **Rémy Chauvin**, présentée par M. Émile Roubaud.

J'ai eu l'occasion de signaler ici même ([1]) la présence, chez le Criquet pèlerin et d'autres Orthoptères, d'un pigment brun hypodermique, auquel j'ai donné le nom d'acridioxanthine. Mes recherches m'ont permis de découvrir plusieurs de ses propriétés chimiques, et de le ranger dans le groupe des *pigments anthocyaniques*.

Les criquets adultes, dont on a vidé l'intestin au préalable, sont broyés avec du sable de Fontainebleau et épuisés par lixiviation avec de l'acétone qui entraîne les caroténoïdes, puis avec de l'alcool absolu. On peut ensuite extraire l'anthocyane : 1° soit à l'état de chlorure, par l'alcool méthylique ou éthylique + 1 % d'acide chlorhydrique; 2° soit à l'état de picrate par l'alcool saturé d'acide picrique; 3° soit enfin par l'alcool à 60° ou par l'eau + 1 % de soude.

L'anthocyane en solution dans l'alcool aqueux est obtenue à l'état brut par évaporation, et reprise par l'eau; si on l'a extraite par l'eau alcaline, on la précipite par neutralisation et on la redissout dans l'eau acidulée. Les deux solutions, acidifiées, passent dans l'alcool amylique en le colorant en jaune orangé; l'alcool ne cède point son pigment à l'eau distillée, ou à une solution d'acétate de sodium, mais seulement à l'eau sodée qui se colore en vert.

La solution du chlorure dans l'alcool acide montre une large bande

([1]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1018.

d'absorption depuis le jaune verdâtre jusqu'aux confins du violet, et une légère fluorescence verte; il n'y a point de bande d'absorption dans l'ultraviolet. La solution se trouble si on l'additionne d'eau distillée, et laisse déposer au bout d'un certain temps des flocons d'un beau rose. On peut précipiter le chlorure de sa solution alcoolique par l'adjonction d'un grand excès d'éther. Le précipité peut se redissoudre dans l'eau ou dans l'alcool.

a. La solution aqueuse est jaune orangé, vire au rose par l'action des acides, et au vert par les bases. Le chlorure ferrique provoque un virage au vert assez peu marqué; l'hydrosulfite de sodium un virage rose magnifique, qui rappelle la réaction analogue obtenue sur le Criquet pèlerin *in toto*. Le bisulfite de sodium, au bout de quelques jours, à la glacière, précipite des flocons roses. Le gaz sulfureux fait virer la solution au rose et produit également un précipité rose au bout d'un temps très long. L'acide nitrique nitreux, ajouté avec précaution au fond d'un tube à essai contenant quelques centimètres cubes de la solution, donne à la surface de séparation un anneau d'un vert intense, qui n'est pas suivi de l'apparition d'autres anneaux diversement colorés. La diazoréaction est très fortement positive. La solution précipite à froid par le réactif de Millon (précipité rouge) et par la solution iodo-iodurée.

Enfin, si on l'abandonne pendant quelque temps, elle se décolore, surtout si on l'additionne d'une trace d'alcali (pseudobase).

b la solution alcoolique précipite par alcalinisation. Le précipité se dissout avec peine dans l'eau acidifiée par HCl et cristallise par évaporation en cubes jaunâtres très petits et très nombreux.

On peut isoler des végétaux dont se nourrit le Criquet pèlerin en élevage (chou et salade) une anthocyane douée de propriétés assez analogues : l'acridioxanthine provient donc probablement de la nourriture. Il est vrai que les larves du premier stade, qui viennent de naître et n'ont pas encore mangé, ont déjà leurs cellules hypodermiques bourrées d'acridioxanthine; mais l'œuf lui-même en contient déjà : le pigment doit donc, ici, provenir de la mère, qui le transmet à ses descendants. Palmer et Knight ont également signalé chez les Hémiptères la présence de pigments anthocyaniques : l'unique réaction sur laquelle ils basent leur opinion est le virage au vert sous l'action des alcalis, phénomène qui ne permet nullement d'affirmer à lui seul l'existence d'une anthocyane.

Sous quelle forme l'anthocyane est-elle emmagasinée dans les cellules

hypodermiques? Le fait que le pigment est soluble d'emblée dans l'alcool amylique, et que sa solution amylique ne cède rien à l'acétate de sodium ni à l'eau, peut faire penser qu'il est sous la forme d'anthocyanidine et non d'anthocyanine. Or, en solution acide, l'anthocyane des végétaux dont se nourrit l'insecte se dissout à peine dans l'alcool amylique, cède sans difficulté son pigment à l'acétate de sodium, mais passe facilement dans l'alcool amylique après hydrolyse : c'est une anthocyanine. Le Criquet pèlerin brise donc les molécules du glucoside pour n'emmagasiner que l'aglucone dans les cellules hypodermiques.

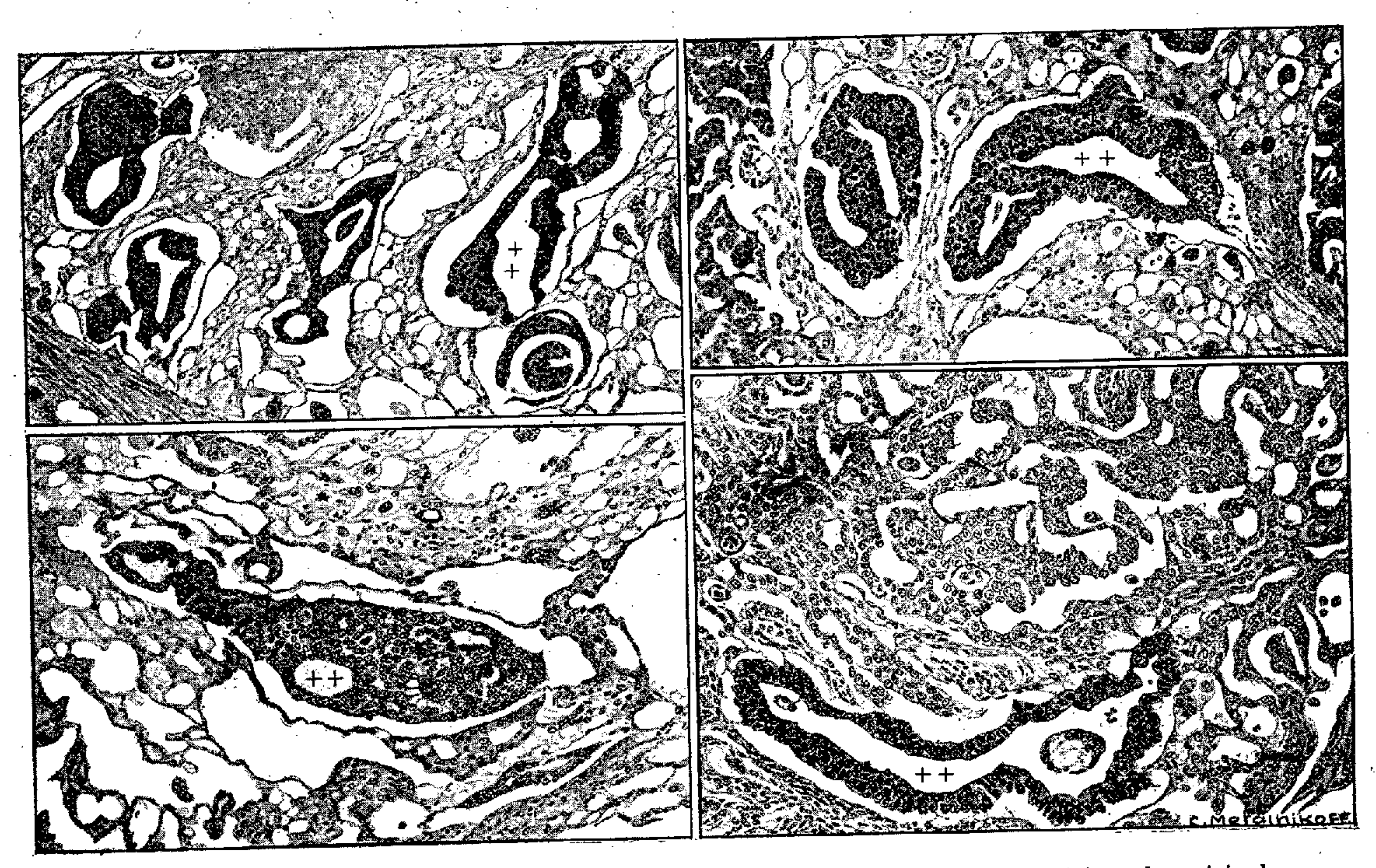
Je rappellerai, en terminant, le cycle curieux de l'acridioxanthine chez le Criquet pèlerin (*C. R. de la Soc. de Biol.*, 82, xxv, 1939.) Ce pigment augmente progressivement dans l'hypoderme, depuis la naissance jusqu'à la maturité sexuelle, époque à laquelle il s'élimine à peu près entièrement dans les excreta. Enfin et surtout l'acridioxanthine caractérise la phase grégaire du Criquet pèlerin et n'existe point chez le solitaire.

EMBRYOGÉNIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur la reconstitution et la multiplication, dans les ganglions lymphatiques, des boutons embryonnaires de la parthénogenèse polyembryonique.* Note de MM. **Jean Sabrazès** et **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les zones de transformation maligne des tumeurs à tissus multiples du testicule, ainsi que leurs métastases, sont souvent constituées par du tissu placentaire, que Schlagenhaufer identifia le premier (1902); mais il se trompa en l'homologuant simplement à celui de la gestation utérine ou des tumeurs placentaires de l'utérus. En effet la lignée souche des embryomes parthénogénétiques a un potentiel plus étendu, correspondant à celui de l'œuf ou de l'ectoblaste primitif et elle peut engendrer simultanément, aussi bien dans les métastases que dans la tumeur primitive, des boutons embryonnaires, avec leurs feuillets et du trophoblaste proprement dit.

Dans d'autres cas les métastases montrent une structure polymorphe (formations épithéliales diverses, cartilage etc.), qui n'avait pu être interprétée de façon satisfaisante jusqu'aux recherches de Peyron et Limousin. Celles-ci ont mis en évidence, dans les vaisseaux sanguins, des boutons, ou œufs identiques à ceux du tissu néoplasique, mais souvent plus jeunes et moins différenciés. La présente Note va établir que ce processus peut se

poursuivre également dans les ganglions lymphatiques. Nous venons de l'observer chez un garçon de 14 ans, qui avait présenté un embryome malin du testicule. Les dispositions morphologiques des métastases ganglionnaires prévertébrales y sont identiques à celles de la tumeur primitive. Les vésicules amnio-ectoblastiques, malgré leur topographie irrégulière et la dédifférenciation de leurs éléments, se reconnaissent facilement. On retrouve, du reste, à leur voisinage, les formations



Les deux étages du côté gauche de la figure correspondent à la tumeur primitive; les vésicules amnio-ectoblastiques, de forme irrégulière, montrent une cavité désignée par ++, elles sont séparées par des zones d'aspect clair (formations ento- ou mésoblastiques et trophoblaste). Sur le côté droit de la figure, dispositions analogues de la métastase ganglionnaire; le trophoblaste montre des dispositions papillifères plus nettes (en bas) et des syncytiums plus nombreux (en haut).

entoblastiques et mésoblastiques, ainsi que le trophoblaste. Il n'existe entre les deux localisations aucune différence, pas plus dans la structure histologique des vésicules que dans leurs dimensions, ou l'âge qu'elles atteignent avant de se disloquer. La culture polyembryonique de ces œufs tératologiques s'effectue de la même façon et s'arrête au même stade, en dépit des différences pourtant considérables du milieu trophique dans les deux cas.

Il est donc évident que les facteurs d'organisation, de différenciation et de flexion morphogène sont élaborés exclusivement par la lignée souche embryonnaire elle-même, sans la participation du tissu ganglionnaire, qui reste d'ailleurs intact.

Ces métastases ne sauraient s'expliquer par la migration d'éléments cellulaires isolés provenant d'un tissu déterminé; d'autre part, le passage dans la circulation d'un nodule étendu, déjà constitué d'éléments cellulaires divers, est peu vraisemblable. L'ensemble des dispositions morphologiques observées oblige donc à envisager la migration d'un complexus polyvalent et indifférencié, tel que celui des boutons et cette hypothèse est précisément confirmée par nos observations. Ainsi s'expliquent certains cas paradoxaux : *a.* embryome testiculaire de volume très réduit (parfois constitué exclusivement de placenta), mais qui a déterminé de volumineuses métastases à tissus multiples; *b.* embryome à tissus multiples de siège lombaire, rétropéritonéal, en apparence primitif, et consécutif, en réalité, à un embryome testiculaire, disparu par troubles de vascularisation (compression de l'albuginée, etc.); *c.* tumeur testiculaire du type séminome, provoquée par un embryome initial qui a disparu ensuite; dans ce cas, on peut retrouver dans les ganglions, associées ou non, les métastases des deux tumeurs.

Dans toutes ces variétés se retrouvent les mêmes processus de migration et de reconstitution des boutons polyvalents, dans les voies lymphatiques.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1940.

Union internationale de chimie. *Table internationale des isotopes stables. Cinquième rapport de la Commission des atomes*, 1940. Paris, Secrétariat général; 1 fasc. 27^{cm}.

Id. — *Règles relatives à la nomenclature des composés minéraux. Rapport de la Commission de réforme de la nomenclature de chimie organique*, 1940. Paris, Secrétariat général; 1 fasc. 27^{cm}.

Id. — *Table internationale des poids atomiques. Dixième rapport de la Commission des poids atomiques*, 1940. Paris, Secrétariat général; 1 fasc. 27^{cm}.

Sur un problème de théorie des fonctions solidaire du théorème de Fermat, par S. Wachs. Extrait de la *Revue scientifique*. Paris, Bureau de la Revue scientifique, 1940; 1 fasc. 31^{cm},5.

Hipotesis sobre la formacion de la Materia, par Tomas Thayer-Ojeda. Santiago de Chile, 1939; 1 fasc. 26^{cm},5.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 37. *Décapodes marcheurs*, par E.-Louis Bouvier. Paris, Paul Lechevalier, 1940; 1 vol. 25^{cm},5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 OCTOBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

Nous avons appris la mort survenue à Lyon, le 24 octobre, de notre Confrère **P. WEISS**, Membre non résidant de notre Académie depuis le 21 juin 1926.

Pierre-Ernest Weiss était né le 25 mars 1865, à Mulhouse. Après la guerre de 1870 il dut quitter l'Alsace et vint faire ses études en France et en Suisse. Il fut élève du Polytechnikum de Zurich où il fit ses études d'ingénieur. Mais bientôt, attiré par la carrière scientifique, il vint à Paris, au Lycée Saint-Louis, préparer le concours d'entrée à l'École Normale Supérieure. C'est là qu'après avoir passé le concours d'agrégation ès sciences physiques, il prépara sa Thèse de doctorat. Ce travail révélait toutes ses qualités de chercheur. Pierre Weiss y mettait en particulier en évidence une propriété nouvelle et importante d'un cristal appartenant au système cubique, la magnétite. Pierre Weiss a trouvé que la susceptibilité magnétique de cette substance change nettement avec la direction du champ magnétisant en restant cependant la même pour deux directions symétriques par rapport aux éléments de symétrie du cristal. On sait que les cristaux cubiques ont toujours paru isotropes au point de vue de leurs propriétés optiques : le magnétisme décèle donc, mieux que la lumière polarisée, la symétrie interne de la matière cristallisée. Pierre Weiss illustrait cette propriété par une expérience frappante. Une boule sphérique taillée dans un cristal de magnétite est diversement attirée suivant la partie de la sphère qui est placée au voisinage d'un pôle d'aimant. Il montrait de même la propriété remarquable de la Pyrrhite magnétique

qui est le sulfure de fer rhomboédrique, la Pyrrhotine, cristal qui ne s'aimante pour ainsi dire que dans un plan.

Pierre Weiss enseigna ensuite successivement aux Facultés des Sciences de Rennes et de Lyon, puis fut nommé professeur au Polytechnikum de Zurich dont il avait été l'élève. Enfin il eut la joie d'être nommé en 1919 Professeur à l'Université de Strasbourg, où il fonda cet Institut de Physique qu'il a su rendre si vivant et si actif. C'est là qu'il a pu poursuivre librement, avec des collaborateurs de choix qui devinrent tous ses amis, les recherches sur le magnétisme qui l'ont occupé toute sa vie.

A Zurich et à Strasbourg il a profité des moyens d'action plus puissants mis à sa disposition pour perfectionner sans cesse le matériel expérimental nécessaire aux mesures de précision sur les propriétés magnétiques des substances et sur leur variation avec la température. Il convient de rappeler le modèle d'électro-aimant auquel son nom est attaché et qui s'est répandu très vite en France et à l'étranger. Pierre Weiss y avait introduit deux perfectionnements importants. D'abord, pour éviter les inconvénients de l'échauffement des bobines magnétisantes, Weiss a eu l'idée de former le conducteur par des tubes de cuivre rouge où circule un courant d'eau. D'autre part, il fut conduit, à la suite de ses recherches sur les alliages, à faire les pièces polaires non pas avec du fer, mais avec du *ferro-cobalt* à 34 % de cobalt. Celui-ci est plus perméable dans les champs intenses que le fer pur lui-même. Ces recherches de Pierre Weiss sur le ferro-cobalt sont antérieures, il convient de le rappeler, à celles qui ont été faites depuis lors sur les *aciers au cobalt* et les autres aciers à aimants. Ces alliages spéciaux ont permis d'améliorer beaucoup, à leur tour, tous les aimants permanents, et ils ont maintenant une grande importance industrielle.

Les longues études que Pierre Weiss a poursuivies sur le magnétisme l'ont conduit à des résultats très importants. Au moment où il les a commencées, Pierre Curie venait de montrer que les trois grands groupes, en lesquels se répartissent les diverses substances, se distinguent nettement les uns des autres par les variations de leurs propriétés magnétiques avec la température. A côté des substances *ferromagnétiques* (fer, nickel, cobalt, etc.) qui perdent brusquement, quand on les échauffe suffisamment, leurs propriétés exceptionnelles, il y a des substances *paramagnétiques*, comme les sels de fer, dont la susceptibilité diminue progressivement quand la température s'élève. Il y a enfin de nombreuses substances *diamagnétiques* qui sont repoussées par l'aimant, et dont la susceptibilité ne varie pas avec la température. Pierre Weiss a montré, dans le cas des corps

paramagnétiques, que la loi simple trouvée par Pierre Curie, d'après laquelle la susceptibilité magnétique massique de ces substances varie en raison inverse de la température absolue, s'applique bien dans des cas particuliers, mais qu'il faut, dans le cas général, remplacer la température absolue T par la différence entre T et une température constante Θ. C'est la LOI DE CURIE-WEISS, qui a été vérifiée, en effet, pour un très grand nombre de substances. Pour les ferromagnétiques, Θ est précisément cette température, le *point de Curie*, où disparaît le magnétisme fort.

Étudiant les métaux ferromagnétiques, Weiss a trouvé, en calculant leurs moments magnétiques atomiques dans les conditions où la saturation est obtenue, que les valeurs trouvées pour les divers métaux sont des multiples entiers d'un même moment magnétique élémentaire. Weiss lui-même et ses élèves retrouvèrent ensuite dans bien des cas, même dans les sels, ce *magnéton de Weiss*. Mais actuellement le *magnéton de Bohr*, environ cinq fois plus gros que celui de Weiss, l'a décidément remplacé. Ce nouveau magnéton possède en effet deux avantages considérables. D'abord sa valeur a pu être calculée *a priori* par une formule simple reliant cette valeur aux propriétés de l'électron que l'on peut déduire de l'étude de phénomènes tout différents. En second lieu, Stern et Gerlach avaient montré directement l'existence du magnéton de Bohr dans les atomes des métaux alcalins, en étudiant la déviation magnétique d'un *jet atomique* obtenue avec les vapeurs de ces métaux. Cependant, même de l'avis des théoriciens du magnétisme, le rôle du magnéton de Weiss a été considérable. Les recherches qu'il a provoquées ont enrichi la science du magnétisme d'une foule de données numériques très nombreuses et de plus en plus précises. On ne saurait souligner assez l'importance des documents ainsi recueillis par Weiss et par son école au cours de ces patientes recherches.

Weiss lui-même s'est occupé tout particulièrement des substances ferromagnétiques. Il expliquait les propriétés de ces substances en admettant qu'outre le champ extérieur auquel les soumettent les physiciens, il y a à considérer un *champ moléculaire* proportionnel à l'intensité d'aimantation, dirigé comme elle et prenant naissance lorsque les aimants élémentaires ont pris l'orientation commune.

Nous devons signaler aussi les recherches de Weiss qui ont permis de mettre en évidence dans le cas du nickel le phénomène *magnétocalorique*, c'est-à-dire le changement de température qu'une substance para ou ferromagnétique éprouve quand on l'aimante ou qu'on la soustrait à l'action du champ.

Les travaux de Pierre Weiss et ceux de son école ont tenu une part très importante dans diverses Réunions scientifiques, notamment à l'occasion de plusieurs Conseils Solvay. L'année dernière, du 21 au 25 mai 1939, eut lieu à Strasbourg une Réunion d'étude sur le Magnétisme qui avait été organisée par le Centre National de la Recherche scientifique en liaison avec l'Institut International de Coopération Intellectuelle. A cette Réunion un grand nombre de physiciens dont les recherches touchaient le magnétisme s'étaient donné rendez-vous, quelques-uns venant de fort loin, des États-Unis ou de l'Inde. Cette réunion a bien montré le rôle du magnétisme dans toutes les recherches les plus récentes de la Physique, rôle qui devient de plus en plus important depuis que l'on sait que l'électron lui-même a un moment magnétique. Le succès de cette Réunion d'étude a sans doute apporté à Pierre Weiss une joie très vive. Ce fut malheureusement la dernière, car, peu de temps après, la guerre fut déclarée et ce laboratoire si vivant devenait vide et désert. Les malheurs de notre pays ont certainement contribué à aggraver le mal dont il souffrait, mais jusqu'à ses derniers jours, à Lyon où il s'était retiré, il n'a cessé de s'intéresser au sort des physiciens de son Institut.

CORRESPONDANCE.

ESPACES ABSTRAITS. — *Espaces quasi réguliers, quasi normaux et quasi distanciés.* Note de M. **Ky Fan**, présentée par M. Émile Borel.

1. M. Chittenden (¹) a généralisé une propriété importante, due à Urysohn, des espaces normaux à des espaces beaucoup plus généraux. Nous montrerons dans cette Note que presque toutes les propriétés importantes des espaces réguliers ou normaux (²) sont également généralisables à des espaces plus généraux (³). Nous appellerons espace *quasi accessible*

(¹) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 31, 1929, p. 314.

(²) Pour la terminologie, nous renvoyons à l'Ouvrage de M. Fréchet, *Les Espaces abstraits*, Paris, 1928. Voir successivement p. 206, 181, 205, 186, 185, 190, 113, 195 et 220.

(³) Dès que nos résultats ont été communiqués à M. Fréchet, celui-ci nous a fait connaître que M. Appert avait noté, dans son Ouvrage en préparation, la préoccu-

tout espace (v) (au sens de M. Fréchet) vérifiant la 2e condition de M. F. Riesz ($\overline{E+F}=\overline{E}+\overline{F}$) (2) et la condition α de MM. C. Kuratowski et A. Appert ($\overline{\overline{E}}=\overline{E}$). Nous appellerons espace *quasi régulier, quasi normal*, tout espace quasi accessible vérifiant respectivement l'une des conditions de séparation T_2, T_3 (2). Un espace quasi régulier ou quasi normal n'est pas nécessairement un espace de Hausdorff (2), ni même un espace accessible (2) de M. Fréchet. Les espaces accessibles, réguliers, normaux sont respectivement des cas particuliers (effectivement moins étendus) des espaces quasi accessibles, quasi réguliers, quasi normaux.

2. Dans ce paragraphe, II, III, IV, V généralisent quatre théorèmes connus, respectivement dus à MM. Urysohn, Hurewicz, Fréchet, Alexandroff-Urysohn :

I. *Un espace quasi régulier est un espace quasi accessible où l'on peut supposer que tous les voisinages sont des ensembles fermés.*

II. *Toute fonctionnelle $\varphi(x)$ bornée et continue sur un ensemble fermé appartenant à un espace quasi normal,* R, *peut être prolongée par une fonctionnelle $f(x)$ bornée et continue sur tout l'espace* R.

III. *Soit* R *un espace quasi normal :* 1° *Étant donné dans* R *un système fini d'ensembles fermés $F_1, \ldots, F_n$, chaque F_i est contenu dans un ensemble ouvert G_i tel que le système $\overline{G}_1, \ldots, \overline{G}_n$ est semblable au sens combinatoire* (4) *au système donné.* 2° *Étant donné dans* R *un système fini d'ensembles ouverts $H_1, \ldots, H_n$ tel que $R=H_1+\ldots+H_n$, il existe un système d'ensembles ouverts $J_1, \ldots, J_n$ tel que $\overline{J}_i\subset H_i$ et que $R=J_1+\ldots+J_n$.*

IV. *Dans un espace (v) vérifiant α et T_2, tout ensemble ouvert parfaitement séparable* (2) *est un ensemble* [O] *au sens de M. Lebesgue* (2).

V. *Pour qu'un espace quasi accessible parfaitement compact* (2) *soit quasi régulier* [*quasi normal*], *il faut et il suffit qu'il vérifie la condition suivante : Pour deux points a, b tels que $\overline{(a)}\not\supset b$ [$\overline{(a)}.\overline{(b)}=0$], il existe toujours deux voisinages disjoints V_a, V_b de a et de b.*

VI. *Tout espace quasi régulier parfaitement compact est quasi normal.*

---

pation suivante : « Nous croyons qu'un progrès important et une simplification de la Topologie abstraite doivent consister à ne retenir comme axiomes dits de séparation que ceux présentant un réel intérêt.... Les axiomes de séparation de M. Hausdorff, de M. Fréchet, et même celui de M. Kolmogoroff constituent souvent des hypothèses dont on peut se passer.... Les axiomes de séparation qui sont directement liés à la possibilité de prolongement d'une fonctionnelle continue méritent un sort à part ».

(4) Cf. M. Kuratowski, *Topologie*, I, Warszawa, 1933, p. 95.

3. Dans un espace (v) quelconque, un point b sera dit *contigu à un point* a, si $b \subset \overline{(a)}$ (5). Un espace (v) sera dit *symétrique*, si $b \subset \overline{(a)}$ implique toujours $a \subset \overline{(b)}$. Dans un espace (v) symétrique R vérifiant α, la relation de contiguïté est réfléchie, symétrique et transitive. En identifiant les points contigus de R, on obtiendra un nouvel espace R^*, avec une détermination évidente des voisinages.

VII. *Tout espace* R *quasi régulier est symétrique. L'espace* R^* *obtenu par identification des points contigus de* R *est régulier.*

Mais un espace quasi normal peut ne pas être symétrique et, par conséquent, le procédé d'identification ne s'applique pas aux espaces quasi normaux.

VIII. *Pour qu'un espace quasi normal soit quasi régulier, il faut et il suffit qu'il soit symétrique.*

IX. *Dans un espace à la fois quasi régulier et quasi normal, soit* C *un ensemble connexe contenant au moins deux points non contigus. Si* G *est un ensemble ouvert ayant au moins un point commun avec* C, *l'ensemble* C.G *est au moins de la puissance du continu.*

4. On définira les espaces *quasi distanciés* comme les espaces distanciés, sauf que si la distance de deux points est nulle, ces points ne seront plus supposés identiques, mais mutuellement contigus (6).

X. *Tout espace quasi distancié est quasi régulier et quasi normal.*

XI. *Tout espace quasi régulier parfaitement séparable est un espace quasi distancié.* (Mais il existe des espaces quasi normaux parfaitement séparables sans être quasi distanciés.)

---

(5) Cette relation avait été appelée dans notre manuscrit *b conjugué à a*. M. Appert, ayant introduit l'expression d'*un point b contigu à un ensemble* E pour désigner $b \subset \overline{E}$ (*Bull. de la Classe des Sci. Acad. roy. Belgique*, 5e série, 23, 1937, p. 135), nous a proposé d'employer ce terme dans le cas de deux points.

(6) Notre définition des espaces quasi distanciés est un peu plus stricte que celle de M. Neville (*Acta Math.*, 42, 1919, p. 68). Comme un exemple des espaces quasi distanciés au sens de M. Neville, M. Bouligand (*Revue gén. des Sci.*, 49, 1938, p. 44) a cité l'espace des fonctions de carrés sommables. Cet espace, ainsi que l'espace des fonctions mesurables (cf. *Les Esp. Abst.*, p. 90-91), et l'espace des variables aléatoires (cf. M. Fréchet, *Recherches théoriques modernes sur la théorie des probabilités*, I, Paris, 1937, p. 191) sont des espaces quasi distanciés (à notre sens) sans être des espaces distanciés, si l'on considère deux fonctions distinctes et égales presque partout ou deux variables aléatoires distinctes et égales presque certainement comme définissant deux points distincts.

XII. (Caractérisation topologique des espaces quasi distanciés.) *Pour qu'un espace* (v) *soit un espace quasi distancié, il faut et il suffit que les trois conditions suivantes soient vérifiées : 1° il est symétrique; 2° il est quasi accessible; 3° il admet une suite monotone complète de couvertures* (²).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégrale de Kronecker appliquée à un système de deux fonctions de deux variables complexes.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $X = f(x, y)$, $Y = g(x, y)$ les équations d'une transformation pseudo-conforme. Nous noterons par $K(\Delta, f, g)$ l'intégrale de Kronecker (¹) étendue à la frontière d'un domaine Δ dans l'espace des variables complexes x, y. Soient $\delta = f'_x g'_y - f'_y g'_x$, $\delta_1 = f g'_y - f'_y g$, $\delta_2 = f g'_x - f'_x g$, et D, le dicylindre $|x| \leqq R$, $|y| \leqq R'$ dans lequel $f(x, y)$, $g(x, y)$ sont supposés holomorphes.

1. *L'intégrale* $K(D, f, g)$ *étendue à la frontière de* D *a la forme*

$$(1) \qquad K(D, f, g) = \frac{1}{2\pi^2} \int_{V_1} \frac{\mathcal{R}(x \delta \bar{\delta}_1)}{[|f|^2 + |g|^2]^2} dV_1 - \frac{1}{2\pi^2} \int_{V_2} \frac{\mathcal{R}(y \delta \bar{\delta}_2)}{[|f|^2 + |g|^2]^2} dV_2,$$

le symbole $\mathcal{R}$ au numérateur désignant la partie réelle et $\bar{\delta}_1$ le conjugué de δ_1. Les variétés V_1 et V_2 sont les deux parties de la frontière de D : $dV_1 = r' dr' d\theta' d\theta$, $dV_2 = r dr d\theta d\theta'$, si $x = re^{i\theta}$, $y = r'e^{i\theta'}$. Si le système f, g n'a dans D que des zéros isolés en nombre $n(D, f, g)$, aucun de ceux-ci n'étant sur la frontière de D, on a $K(D, f, g) = n(D, f, g)$. Pour examiner le cas de racines non isolées, posons

$$\lambda(x, y) = \frac{g(x, y)}{f(x, y)}, \qquad p(x, y) = \frac{\lambda' x}{1 + |\lambda|^2}, \qquad q(x, y) = \frac{\lambda' y}{1 + |\lambda|^2}.$$

La fonction $\lambda(x, y)$ est méromorphe dans D, sans point d'indétermination sur la frontière. Les quantités $p(x, y)$, $q(x, y)$ sont finies sur V_1 et sur V_2, et l'on peut écrire l'intégrale sous la forme

$$(2) \qquad K(D, f, g) = \frac{1}{2\pi^2} \int_{V_1} \frac{d \log |f|}{d \log r} |q|^2 dV_1 - \frac{1}{2\pi^2} \int_{V_1} \mathcal{R}\left(x \frac{d \log f}{dy} p\bar{q}\right) dV_1$$
$$+ \frac{1}{2\pi^2} \int_{V_2} \frac{d \log |f|}{d \log r'} |p^2| dV_2 - \frac{1}{2\pi^2} \int_{V_1} \mathcal{R}\left(y \frac{d \log f}{dx} \bar{p} q\right) dV_2$$

(¹) Pour la définition voir le *Traité d'Analyse* de M. É. Picard, I, p. 136. L'intégrale de Kronecker $K(D, f, g)$ peut être indéterminée quand l'une des expressions δ, δ_1, δ_2 s'annule identiquement.

qui permet d'obtenir la majoration

$$\text{(3)} \qquad K(D, f, g) \leqq M^2 \overset{+}{\log} M(kR, kR')[AR^2 + 2BRR' + AR'^2].$$

M désigne une borne supérieure de $|p(x, y)|$, $|q(x, y)|$, dérivées sphériques de $\lambda(x, y)$ sur la frontière de D, $M(r, r')$ le maximum de $|f(x, y)|$ dans un dicylindre $|x| \leqq r$, $|y| \leqq r'$; k est un nombre plus grand que 1, A et B des coefficients numériques qui en dépendent.

2. *L'intégrale de Kronecker, étendue à un domaine où $\lambda(x, y)$ n'a pas de point d'indétermination, est nulle.*

Les racines communes non isolées du système f, g se répartissent sur des variétés analytiques d'équation $\psi(x, y) = 0$ dans leur ensemble. On a alors $f \equiv f_1 \psi$, $g \equiv g_1 \psi$ et $k(\Delta, f, g) = k(\Delta, f_1, g_1)$, Δ désignant un domaine dans lequel f et g sont holomorphes.

3. *Si $f(x, y)$ et $g(x, y)$ sont supposés méromorphes dans un domaine Δ, $\lambda(x, y)$ n'ayant aucun point d'indétermination sur sa frontière, on a*

$$\text{(4)} \qquad K(\Delta, f, g) = n(\Delta, f, g) - n\left(\Delta, \frac{1}{f}, \frac{1}{g}\right),$$

$n(\Delta, f, g)$ représentant toujours le nombre des points d'intersection isolés des variétés zéro [2].

En appliquant (2) au système $f \equiv \varphi(x)$, $g \equiv y$, $\varphi(x)$ étant méromorphe, on obtient une démonstration très naturelle d'une égalité de M. Shimizu qui introduit l'aire sphérique dans l'étude de la distribution des zéros d'une fonction d'une variable.

Les résultats qui précèdent s'appliquent à une suite de couples f_n, g_n de fonctions holomorphes qui tendent uniformément vers f et g dans un domaine Δ. Nous dirons que le point x_0, y_0 est exceptionnel pour le système f, g si les équations $f(x, y) = f(x_0, y_0)$, $g(x, y) = g(x_0, y_0)$ ont une infinité de racines communes au voisinage de x_0, y_0 [3]. Avec l'hypothèse de la convergence uniforme dans Δ, nous aurons :

---

[2] Chaque point doit être compté avec son ordre de multiplicité. Un point est simple si $\delta \neq 0$ en ce point. Un point M est d'ordre de multiplicité p s'il existe deux suites de fonctions holomorphes, f_n, g_n, qui convergent uniformément vers f et g dans un dicylindre de centre M, chaque couple f_n, g_n ayant p zéros simples à partir d'un certain rang dans D. L'intégrale de Kronecker montre que cette définition ne conduit pas à une contradiction.

[3] Voir H. Cartan, *Bull. Sciences math.*, 57, 1933, p. 334, de qui nous reprenons la définition des points exceptionnels d'un système. Les énoncés qui suivent sont à rapprocher des propriétés des familles de fonctions d'une variable ayant une limite constante; voir Paul Montel, *Bull. Soc. math.*, 54, 2e partie, p. 19.

4. *Si dans* Δ *le système* $f_n - a = 0$, $g_n - b = 0$ *n'a aucune racine quel que soit n, et s'il existe un point* x_0, y_0 *intérieur à* Δ, *en lequel* $f_n(x_0, y_0)$ *tende vers a,* $g_n(x_0, y_0)$ *tende vers b, le couple f, g admet une variété* w *de points exceptionnels dans* Δ *sur laquelle* $f(x, y) = a$, $g(x, y) = b$, $\delta(x, y) = 0$.

Si $\delta(x, y)$ n'est pas identiquement nul, l'énoncé affirme l'existence d'un diviseur $\psi(x, y)$ commun à $f(x, y) - a$ et à $g(x, y) - b$ dans Δ, et $\psi(x, y) = 0$ est l'équation d'une variété w à deux dimensions.

5. *Si la variété* w *ne couvre pas tout* Δ, *elle est limite uniforme de deux variétés* A_n, B_n, *sur lesquelles on a respectivement* $f_n(x, y) = a$, $g_n(x, y) = b$.

La variété w est aussi limite, au sens de la théorie des ensembles, d'une variété C_n, où $\delta_n = 0$. Ceci conduit à penser que le théorème 4 subsiste en faisant jouer à l'équation $\delta = 0$ le rôle de $g = b$. En effet :

6. *Si sur la variété* A_n, *d'équation* $f_n(x, y) = a$, *on a* $\delta_n(x, y) \neq 0$, *et si le minimum de* $|\delta_n|$ *pris sur* A_n *dans un domaine* Δ_1 *intérieur à* Δ, *tend vers zéro, alors le système f, g possède dans* Δ *une variété de points exceptionnels* w *sur laquelle* $f(x, y)$ *est égal à a et* $g(x, y)$ *est égal à une constante b.*

7. *Si, aux hypothèses du théorème* 4, *on ajoute celle que* $\delta_n(x, y)$ *ne s'annule pas dans* Δ, *alors* $\delta(x, y)$ *est identiquement nul dans* Δ.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le passage du chlorhydrate de novocaïne à travers une membrane inerte (cellophane).* Note de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Soient x, y les concentrations moléculaires de la matière dissoute à droite et à gauche de la membrane, et ν, o leurs valeurs initiales. J'ai montré [1] qu'en admettant certaines hypothèses assez simples on peut représenter x, y par les formules exponentielles

$$(1) \qquad x = \frac{\nu}{2}(1 + e^{-\rho_1 t}), \qquad y = \frac{\nu}{2}(1 - e^{-\rho_1 t}).$$

Le coefficient ρ_1, que nous appelons *coefficient de perméation*, est la plus petite des racines de l'équation caractéristique

$$(2) \quad \rho^2 - \rho\left(2\sigma_1 + 2\sigma_2 + \sqrt{\alpha^2 + 2\alpha\beta\nu}\right) + 4\sigma_1\sigma_2 + 2\sigma_1\sqrt{\alpha^2 + 2\alpha\beta\nu} + 2\alpha(\sigma_2 - \sigma_1) = 0$$

[1] *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 62-65.

Les paramètres σ_1, σ_2, α, β figurent dans les équations différentielles du problème, données dans ma Note précédente, et ont un sens physique bien déterminé : les paramètres α, β caractérisent le régime statistique dans la solution et les paramètres σ_1, σ_2 sont liés aux conditions de passage à travers la membrane.

2. *Influence de la concentration initiale* ν. — Les paramètres σ_1, σ_2, α, β sont indépendants de ν. L'équation (2) montre que ρ_1 *en est une fonction décroissante*. Ce résultat est en bon accord avec les mesures de MM. J. Régnier, A. Quevauviller et A. Fieyre ([2]). Les formules (1) expriment très bien tous les résultats numériques de M. Régnier. Dans le cas qui nous intéresse on en tire facilement les valeurs de ρ_1 correspondant aux concentrations moléculaires initiales différentes

ν	0,5.	1.	2.	4.
ρ_1 [form. (1)]	0,066	0,066	0,052	0,048
ρ_1 [form. (2)]	0,073	0,064	0,055	0,046

La troisième ligne contient les valeurs de ρ_1 calculées avec la formule (2) pour les valeurs suivantes des paramètres : $2\sigma_1 = 0,015$; $2\sigma_2 = 0,175$; $\alpha = 0,09$; $\beta = 0,14$. Il est intéressant de constater que σ_2 est beaucoup plus grand que σ_1, ce qui signifie que les molécules ionisées passent beaucoup plus facilement que les molécules intactes.

3. *Influence de la température* T. — Des considérations physiques très simples montrent que les paramètres σ_1, σ_2, α sont des fonctions croissantes de T alors que β en est une fonction décroissante. D'autre part l'équation (2) nous donne

$$\frac{\partial\rho_1}{\partial\sigma_1} > 0, \quad \frac{\partial\rho_1}{\partial\sigma_2} > 0, \quad \frac{\partial\rho_1}{\partial\alpha} > 0, \quad \frac{\partial\rho_1}{\partial\beta} < 0. \tag{3}$$

Par conséquent *le coefficient de perméation* ρ_1 *est une fonction croissante de la température*. Ce résultat est aussi confirmé par les mesures de M. Régnier

T	1-2°.	20°.	40°.
ρ_1	0,021	0,066	0,102

4. *Influence de la variation du* pH. — M. Régnier a fait varier le pH par la voie de l'addition fractionnée de HCl ou de NaOH. Dans ces conditions le coefficient de perméation ρ_1 varie d'une façon très intéressante. Tout

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 132, 1939, p. 252, 399, 402, 457.

d'abord il croît avec pH et atteint un maximum pour pH $\simeq 5,5$; il décroît ensuite

pH...	2.	3.	4.	5.	5,3.	6.	7.	8.
ρ_1....	0,034	0,047	0,064	0,068	0,071	0,071	0,064	0,059

La formule (2) montre que pour expliquer ce phénomène il faut admettre : 1° que la croissance de pH augmente l'instabilité des molécules intactes, ce qui s'exprime par la croissance du coefficient α (et peut-être par la diminution du coefficient β); 2° que la croissance de pH agit sur la membrane, en diminuant sa perméabilité, ce qui s'exprime par la diminution des coefficients σ_1 et σ_2. Le calcul montre que dans ces hypothèses les coefficients s'expriment par des fonctions exponentielles de pH.

5. *Influence de l'addition de* NaCl. — L'addition de NaCl ralentit le passage

NaCl (%)....	0,000	0,005	0,01	0,05	0,10	0,25	0,50	1,00
ρ_1...........	0,080	0,066	0,066	0,058	0,056	0,052	0,050	0,050

On peut expliquer ce ralentissement par l'action du sel sur les coefficients α, β, σ_1, σ_2. C'est à l'expérience de décider s'il s'agit de variation du régime statistique de la solution (coefficients α, β) ou des conditions de passage à travers la membrane (coefficients σ_1 et σ_2).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Courbes d'étirement des liquides, tensiomètre enregistreur.* Note [1] de MM. **J. Thibaud** et **H. Lemonde**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le retard considérable à la publication d'un Mémoire au *Journal de Physique* nous incite à donner quelques brèves indications sur un instrument de mesure à la fois simple et rapide, et sur les applications auxquelles il donne lieu.

1. Nous avons perfectionné un modèle antérieur de tensiomètre à lame [2] en substituant à la mesure visuelle de la flexion de la lame (à l'aide d'un micromètre et d'un microscope) un dispositif d'amplification optique (miroir concave collé horizontalement à l'extrémité de la lame), permettant d'obtenir un déplacement, vingt fois plus grand, d'une image lumineuse, soit sur une règle galvanométrique, soit sur un papier sensible

(1) Séance du 14 octobre 1940.

(2) H. Lemonde, *Journ. de Physique*, 9, 1938, p. 505.

se déroulant à une vitesse proportionnelle à celle d'étirement de la lame liquide. Ceci permet d'une part des mesures de tension superficielle aussi rapides que les lectures au galvanomètre, d'autre part l'enregistrement continu des courbes d'étirement des lames minces de liquide jusqu'au moment où se produit l'arrachement.

2. Des *caractéristiques d'étirement* ont été ainsi photographiées pour divers liquides en fonction du dispositif d'étirement : cadre vertical filiforme à 3 ou 4 côtés, anneau horizontal, plaque verticale, disque horizontal. Ceci a permis de discuter les formes des caractéristiques et les avantages de chaque dispositif d'étirement. D'une façon très résumée : *a*. Le cadre filiforme vertical donne (*fig. a*) une caractéristique montante qui présente un

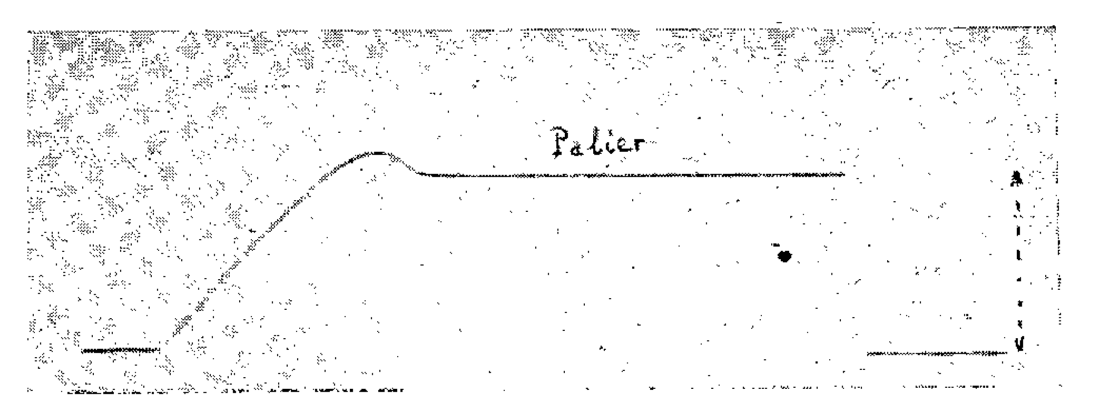


Fig. *a*. — Caractéristique d'étirement : fil formant cadre vertical.

maximum net suivi d'un léger abaissement et d'un très long *palier* horizontal. Ce dernier correspond à l'étirement d'une lame très mince (elle peut présenter des franges colorées), avec force de traction constante. C'est donc d'après la hauteur de ce palier que se mesurera la tension superficielle du liquide, et ceci presque sans correction appréciable, au moins pour un fil fin.

b. L'anneau horizontal, très en faveur en tensiométrie, présente par

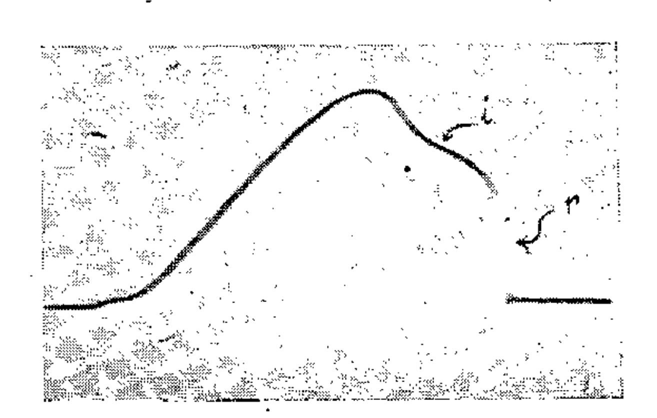


Fig. *b*. — Caractéristique d'étirement : anneau horizontal.

contre une caractéristique dépourvue de palier, et qui par conséquent serait peu appropriée aux mesures, au moins sans d'importantes corrections. Après le passage de la force de traction par un maximum (*fig. b*),

la caractéristique décroît sans arrêt et même devient rapidement plongeante, un peu avant la rupture de la lame étirée, au niveau du cercle de gorge. C'est au voisinage du point d'inflexion i de la caractéristique que la force de traction se rapproche le plus de la valeur qui donnerait la tension superficielle.

On voit facilement ici le danger des méthodes tensiométriques qui, utilisant le dispositif de l'anneau, préconisent pour déterminer la tension A, la mesure de la force *au moment de l'arrachement*. En effet, suivant la nature du liquide, cet arrachement sera obtenu soit avant, soit après le point d'inflexion i. Ainsi, pour la glycérine, la rupture se produit en r assez loin du point d'inflexion et pour une valeur de la force très inférieure à la tension A. Pour ces raisons nous préconisons, dans notre tensiomètre, l'emploi du cadre vertical à trois côtés, de préférence à l'anneau.

c. Notre tensiomètre se prête commodément à la mesure des tensions interfaciales, à la détermination de A pour les corps visqueux (résines, bitume de Judée), ainsi qu'à l'étude rapide des corps tensio-actifs (sulfonates) : une détermination de tension demande moins d'une minute.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le déterminisme biochimique du retour à la mer de l'Anguille femelle d'Avalaison*. Note de Mlle **Odette Callamand** et M. **Maurice Fontaine**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons montré (¹) la diminution de la chlorémie de l'Anguille femelle au cours de son développement génital. Cette variation ne semble être qu'un aspect d'une déminéralisation générale de l'organisme au cours de cette évolution. En effet des déterminations de teneurs en cendres du tissu musculaire (toujours prélevé dans la même région du corps de l'animal) montrent que ces teneurs sont en relation étroite avec le rapport gonosomatique. Alors que des Anguilles de rapport inférieur à 0,5, c'est-à-dire en parfait repos génital, présentent une teneur en sels du muscle égale ou supérieure à l'unité, cette teneur oscille entre 0,60 et 0,75 chez les individus argentés de rapports gonosomatiques compris entre 1,35 et 1,75 (²).

(¹) O. Callamand et M. Fontaine, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 298.

(²) Les divers chiffres obtenus seront publiés dans un travail d'ensemble de l'un de nous.

De même que la diminution de la chlorémie, cette déminéralisation musculaire est vraisemblablement attribuable au jeûne physiologique de l'Anguille argentée ainsi qu'à l'incapacité pour sa branchie d'absorber certains ions. D'autre part l'étude de la teneur en eau du tissu musculaire de l'Anguille au cours du développement met en évidence une diminution de cette teneur, ce qui est normal chez tous les Vertébrés; mais, chez l'Anguille argentée, se manifeste, à partir d'un certain rapport gonosomatique, un relèvement de la teneur en eau. Voici quelques-uns des chiffres obtenus :

	Poids (en g).	Rapport gonosomatique.	Teneur en eau du tissu musculaire (%).
Civelles		très faible	79
Jeunes Anguilles jaunes	32	»	76
	40	»	73,9
	67	»	69,4
	159	0,24	70,3
Anguilles argentées	215	1,24	66,5
	435	1,35	52,7
	1061	1,55	48,8
	655	1,63	50,5
	635	1,75	61,5

Ce relèvement de la teneur en eau des tissus à partir d'un certain rapport gonosomatique est encore vraisemblablement une conséquence du jeûne physiologique auquel est alors soumise l'Anguille argentée, ce jeûne ayant pour conséquence d'élever le rapport cholestérine/acide gras et de favoriser ainsi l'imbibition des tissus ([3]).

L'Anguille femelle argentée doit donc lutter contre la déminéralisation et contre une hydrophilie excessive de ses tissus. Ainsi s'explique sans doute le fait, observé par maints auteurs, que les Anguilles argentées gardées en captivité font des efforts incessants pour sortir de l'eau douce et que, dans la nature, elles sont parfois trouvées errantes sur les prés humides. Cette tendance à se soustraire au milieu aquatique n'est-elle pas une réaction de défense contre la déminéralisation et l'imbibition de l'organisme ? Mais cet état aérien ne pouvant être que provisoire, elles retournent bientôt à l'eau d'un étang, d'une rivière ou d'un fleuve. Si elles ont atteint

---

([3]) L'élévation de la teneur en eau et du coefficient lipocytique des tissus des divers Poissons sous l'influence du jeûne a été mise en évidence par plusieurs auteurs (A. Lipschütz, Franz Schütz, E. Terroine).

une rivière ou un fleuve, elles dévalent au courant, mais cette migration est un phénomène passif. Ce sont presque des corps inertes qui descendent au fil de l'eau ([4]). Cette passivité est une des conséquences de la déminéralisation que nous venons de signaler. Si, en effet, nous mettons jeûner une Anguille dans de l'eau distillée fréquemment renouvelée ([5]), nous voyons apparaître en quelques semaines chez l'animal une asthénie, une diminution très sensible des réactions à la capture, diminution notablement accentuée si elle est accompagnée d'une baisse de température de l'eau : c'est le cas des crues d'automne qui entraînent vers l'Océan les Anguilles argentées. Telle est l'explication qui nous semble, actuellement, la plus satisfaisante pour interpréter l'avalaison de l'Anguille femelle. On peut lui objecter que cette avalaison n'est pas inéluctable et que certaines Anguilles argentées femelles, empêchées de retourner à la mer, survivent cependant. Mais, dans ce cas, on constate l'arrêt de toute évolution génitale, le retour à la vie de l'Anguille jaune. Il est probable qu'intervient alors un blocage endocrinologique des ovaires qui restitue au soma l'exclusivité des processus de synthèse, permettant ainsi le remplacement des tissus en histolyse, la reprise de l'alimentation et, par suite, la reminéralisation de l'organisme.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de tubes criblés dans des embryons de graines non germées.* Note de M. **André Dauphiné** et M^lle **Simonne Rivière**, présentée par M. Marin Molliard.

On connaît, surtout depuis les travaux de Gustave Chauveaud, la précocité de la différenciation des tubes criblés dans les organes en voie de croissance; dans sa Note sur le développement des tubes criblés chez les Angiospermes ([1]) il s'exprime ainsi à propos de la Vigne : « On peut les distinguer nettement dès le second jour de la germination, grâce à l'épaississement de leur membrane et à l'apparition de ponctuations criblées sur leurs faces transversales... » ceci, dans la jeune racine et surtout dans l'hypocotyle.

([4]) J. Le Clerc, *Bull. fr. de Pisciculture*, 2, 1930, p. 177.

([5]) L'emploi de l'eau distillée n'a pour but que de rendre plus rapide et plus manifeste un phénomène qui, dans la nature, se produit plus lentement par suite de la présence de petites quantités de sels dans l'eau douce.

([1]) *Comptes rendus*, 120, 1895, p. 165.

L'étude d'embryons prélevés dans des graines mûres mais non germées nous a permis d'y constater, par la présence de tubes criblés bien formés et à différents états de différenciation, que cette précocité peut être plus grande encore.

Nos observations ont porté sur des embryons de *Ricinus communis*, *Helianthus annuus*, *Lupinus albus*, *Mirabilis Jalapa*.

Dans la radicule et dans la moitié supérieure de l'hypocotyle du Ricin, il n'y a pas de tubes criblés reconnaissables; dans la partie supérieure de l'hypocotyle, quelques éléments situés à la périphérie du cylindre central présentent la section quadrangulaire ou pentagonale caractéristique telle qu'on la connaît pour les tubes criblés, mais leur membrane ne possède encore aucune différenciation. Dans les cotylédons le gonflement des membranes longitudinales permet de les discerner avec précision.

Chez *Helianthus annuus*, certains éléments de la radicule attirent l'attention par leur forme bien caractérisée. A partir du collet, on distingue nettement les cordons procambiaux; à leur bord externe, les futurs tubes criblés sont bien reconnaissables; en remontant vers les cotylédons, les tubes criblés les plus externes sont bien différenciés et d'autres, situés en profondeur, sont déjà caractérisés.

Dans l'embryon de Lupin, les éléments destinés à former les tubes criblés peuvent se distinguer dans la radicule et la différenciation de leurs membranes latérales est déjà apparente au niveau des assises supérieures de la coiffe. Dans tout l'hypocotyle, les tubes criblés sont nombreux; leurs membranes latérales sont gonflées et fixent énergiquement les colorants de la cellulose, et l'on observe la présence de cribles bien formés sur les membranes transversales. Dans les cotylédons, certains tubes présentent les caractères de la phase de leur évolution que G. Chauveaud a nommée état de *différenciation maxima*.

Dans *Mirabilis Jalapa*, les tubes criblés sont reconnaissables dans tout l'embryon; les éléments destinés à les former sont distincts très près de la région des initiales de la radicule; le gonflement de leurs membranes latérales se manifeste déjà sous la coiffe; dans tout l'hypocotyle et dans le cotylédon, la différenciation maxima atteint déjà des tubes criblés situés en profondeur dans le procambium.

On pourrait se demander si le fait que l'albumen a ou n'a pas été digéré par l'embryon n'est pas de nature à influer sur la précocité de la différenciation des tubes criblés. La comparaison du Ricin à graine albuminée et du Lupin à graine exalbuminée pourrait faire admettre que la digestion de

l'albumen entraîne un développement plus rapide des tubes criblés dans l'embryon. Mais il n'en est rien, au contraire, en ce qui concerne la graine exalbuminée d'*Helianthus* et la graine albuminée de *Mirabilis*.

En résumé, chez les espèces étudiées dans cette Note, des tubes criblés sont toujours formés dans l'embryon, au moins au-dessus du collet; leurs membranes latérales sont à des degrés variables d'évolution et peuvent atteindre la phase de différenciation maxima avec présence de cribles sur les membranes transversales. Il faut signaler toutefois que ce dernier caractère n'a pu être mis jusqu'ici en évidence avec certitude que dans l'embryon du Lupin, morphologiquement plus développé que celui des autres exemples.

ANATOMIE. — *Nouvelle interprétation de la morphologie de l'*insula *humaine.* Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Louis Bouvier.

On divise, dans les traités d'Anatomie humaine, l'*insula* en deux parties, dont la limite mitoyenne est le sillon central : l'*insula* antérieure, qui contient le sillon *brevis posterior* et le sillon *brevis anterior*, et l'*insula* postérieure, qui contient le sillon postcentral (longitudinal).

Cette description est purement conventionnelle, car le sillon central entre, comme le *brevis posterior* et le *brevis anterior*, dans la catégorie des sillons spéciaux aux Primates et dont l'existence, de même que la direction radiaire, est en rapport avec la subsphéricité de leur cerveau; ils ne sont pas et ne peuvent pas être représentés dans le cerveau des Non-Primates (R. Anthony).

Il résulte, au contraire, de mes recherches que le postcentral (longitudinal) est un sillon fondamental qui représente, chez les Lémuriens, les Singes et l'Homme, un des éléments les plus constants de la morphologie superficielle du *neopallium*. Ni G. Elliot-Smith ni R. Anthony et A. S. de Santa Maria n'avaient réussi à préciser sa signification. J'ai pu établir qu'il correspond à la *pseudosylvia* des Non-Primates. De même que celle-ci constitue l'axe du territoire central du *neopallium* (lequel s'operculise, comme l'on sait, en partie, chez les Carnassiers arctoïdes, pour former une véritable *insula*), de même, le longitudinal constitue aussi, chez les Lémuriens, les Singes et l'Homme, l'axe de l'*insula*. Il affecte les mêmes rapports que la *pseudosylvia* des Non-Primates avec les rhinales (d'ailleurs plus ou moins effacées dans le cerveau de l'Homme adulte), partant de la

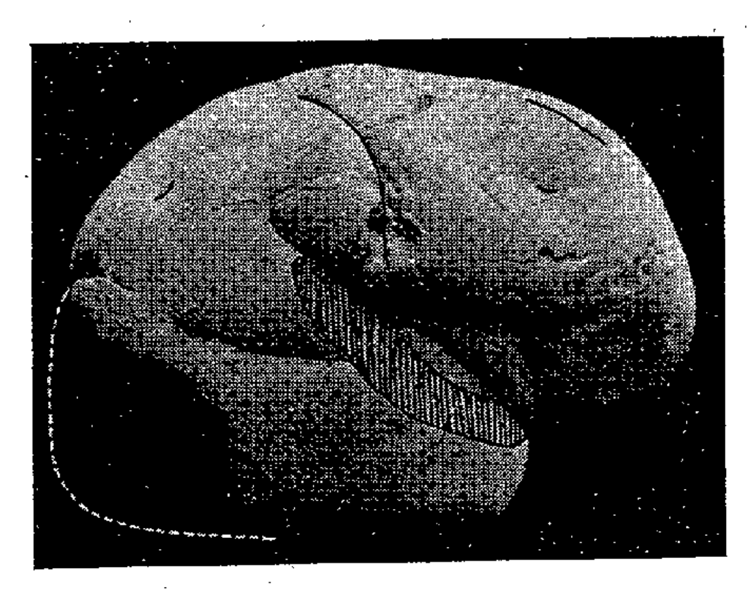


Fig. 1. — Face externe (du côté droit) du télencéphale d'un *fœtus* humain âgé de 6 mois environ. La portion supérieure du lobe temporal a été sectionnée et enlevée pour permettre de voir la totalité de l'*insula*. A ce stade, le longitudinal est le seul sillon insulaire, comme chez les Singes cynomorphes à l'âge adulte. G. N.

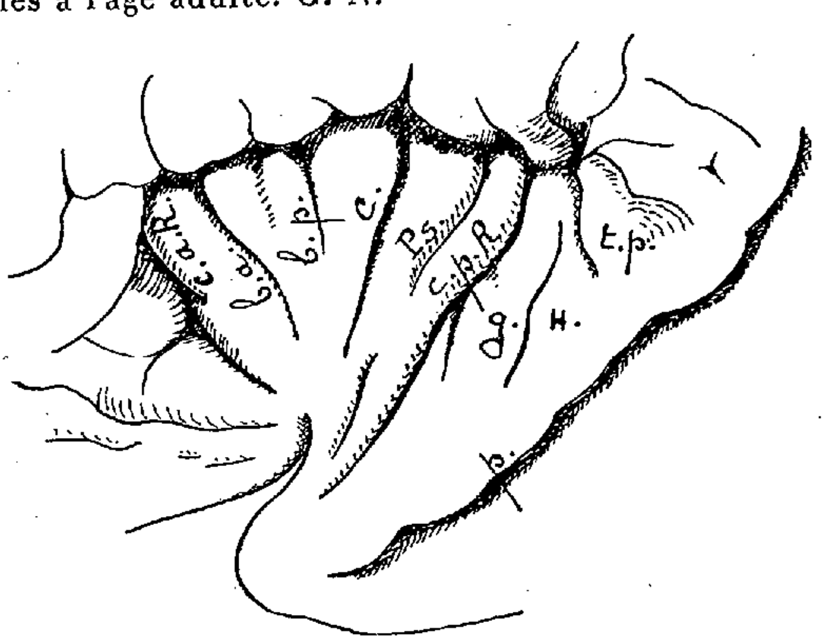


Fig. 2. — Le territoire operculisé du *neopallium* (côté gauche) chez un Homme adulte. Représentation classique d'Eberstaller avec interprétation des sillons de l'*insula*. — *c. a. R.*, circulaire antérieur de Reil (*presylvia*); *c. p. R.*, circulaire postérieur de Reil; *Ps.*, longitudinal (*pseudosylvia*) divisé en deux segments, supérieur et inférieur, et séparant l'*insula* en deux parties : antérieure et postérieure; *b. p.*, *brevis posterior*; *b. a.*, *brevis anterior*; *g. H.*, gyri de Heschl; *t. p.*, territoire temporo-pariétal; l'*insula antérieure de Marchand* est le territoire compris entre le circulaire antérieur de Reil et le *brevis anterior*.

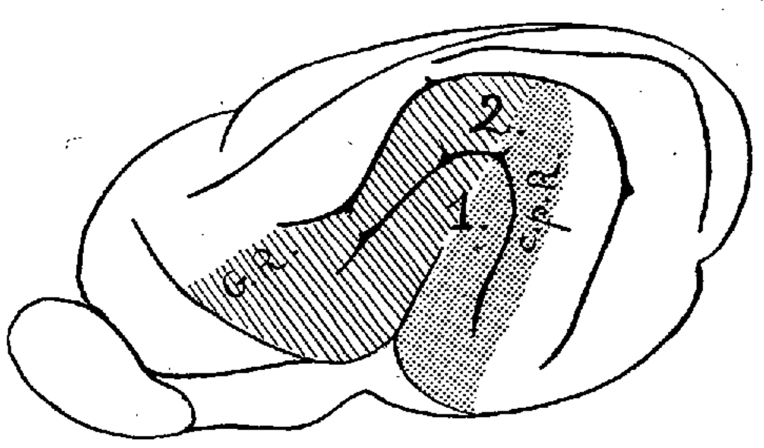


Fig. 3. — Schéma de la face externe (du côté gauche) d'un télencéphale de Carnassier (Canidé) à territoire central non operculisé. La partie du territoire central formant l'*insula* antérieure, chez l'Homme, est en hachures; celle formant l'*insula* postérieure est en grisé; les deux parties sont séparées par la *pseudosylvia* (longitudinal des Primates). — 1, *gyrus arcuatus* 1; 2, *gyrus arcuatus* 2; *G. R.*, *gyrus reuniens*; *c. p. R.*, circulaire postérieur de Reil qui ne correspond à aucun sillon fondamental et dont la place est indiquée, ici, seulement par la limite du grisé. En arrière de cette limite, est la région qui correspond aux *gyri* de Heschl et à la première circonvolution temporale.

rhinale antérieure, immédiatement en avant de l'angle qu'elle forme avec la rhinale postérieure.

Chez le *fœtus* humain le longitudinal est, généralement, le premier sillon insulaire à se développer. C'est donc, à tous points de vue, bien qu'il soit, quelquefois, peu marqué ou divisé en deux segments, le sillon principal de l'*insula* humaine, et c'est lui qui doit servir à la diviser en deux parties : 1° l'*insula* antérieure qui contient le central, le *brevis posterior* et le *brevis anterior* (les deux premiers étant sans importance morphologique) et le troisième étant la limite postérieure de ce que l'on appelle l'*insula de Marchand*, qui ne s'operculise que chez l'Homme, restant à découvert chez les Anthropoïdes (Marchand); 2° l'*insula* postérieure, beaucoup plus réduite, qui est comprise entre le longitudinal (*pseudosylvia*) et le circulaire postérieur de Reil.

L'*insula* antérieure de l'Homme correspond donc aux bras antérieurs des circonvolutions arquées 1 et 2 et au *gyrus reuniens* des Non-Primates. L'*insula* postérieure correspond au bras postérieur de la circonvolution 1 et à une partie du bras postérieur de la circonvolution 2, le reste de celui-ci constituant, comme l'ont montré R. Anthony et A. S. de Santa Maria, les *gyri* de Heschl et la première circonvolution temporale qui, chez tous les Primates, reste à découvert.

MÉDECINE. — *Prébenzolisme et hypovitaminose.* Note de MM. **Henri Heim de Balsac**, **Marcel Perrault** et **Raymond Roubinet**, présentée par M. Charles Achard.

De toutes parts, l'attention est attirée sur la fréquence et la gravité des intoxications benzoliques professionnelles.

Les benzols sont des poisons électifs des organes hématopoiétiques; la révélation clinique du benzolisme chronique se traduit par de l'anémie à tendance aplastique, de l'agranulocytose, des phénomènes hémorragiques, soit isolément, soit, beaucoup plus fréquemment, associés.

Mais le benzolisme, cliniquement manifesté, est précédé d'un stade de prébenzolisme. Ce vocable, comme le concept de l'imprégnation latente de l'organisme par le toxique, est l'équivalent de ce que F. Heim de Balsac et Agasse-Lafont ont individualisé, à propos de l'intoxication saturnine professionnelle, dès 1908, sous le nom de présaturnisme. D'une manière

générale, il y a lieu d'avoir constamment présente à l'esprit la notion de prétoxicoses professionnelles. C'est un rôle essentiel de l'hygiéniste industriel de s'attacher au dépistage et à la prophylaxie des prétoxicoses, véritables maladies inapparentes au sens où l'entendait Ch. Nicolle, en ce qui concerne les maladies microbiennes.

L'étude que nous avons poursuivie, dans les ateliers à benzol, des sujets imprégnés, mais encore au stade préclinique de prébenzolisme, nous amène à dégager l'importance de la carence en acide ascorbique (vitamine C), comme facteur de prédisposition individuelle aux accidents du benzolisme grave.

La notion de carence en ce facteur donne l'explication des variations considérables de sensibilité au toxique d'un sujet à l'autre. La carence en vitamine favorise l'action du toxique; d'autre part le benzolisme, comme diverses intoxications, est par lui-même facteur de carence. La carence relative en vitamine C est fréquente chez les professionnels du benzol, pour nombre de sujets; elle est due, nos enquêtes l'établissent, à une insuffisance d'apport par régime alimentaire défectueux; la carence s'accentue du fait d'une insuffisance d'absorption, due aux troubles dyspeptiques, provoqués par le facteur benzol lui-même; elle s'accentue aussi du fait d'un stockage insuffisant de la vitamine par le foie et la surrénale, touchés par le toxique; chez certains sujets, la grossesse, le travail physique intense accroissent les besoins en vitamine.

La résistance au toxique, en apparence inexplicable, de certains sujets, semble bien pouvoir être rapportée à l'avitamino-résistance, expérimentalement constatée par Mouriquand, tout se passant comme si certains sujets pouvaient synthétiser la vitamine C.

Ainsi se révèle un ensemble cohérent d'arguments probants en faveur de l'intervention de la carence en vitamine C, comme facteur de prédisposition au benzolisme.

La notion prend une importance capitale pour la surveillance médicale des industries à benzol.

L'hypovitaminose C peut être décelée à l'usine même, par le test de Rötter (mesure du temps de décoloration du dichlorophénol-indophénol, introduit par voie dermique). La méthode de dosage de l'acide ascorbique dans le sang ou les urines, plus rigoureuse, reste difficile à appliquer en série, en dehors d'un service hospitalier. Le signe du lacet est moins spécifique, de même le signe de Göthlin.

A titre d'exemple, sur la population ouvrière d'un atelier, imprégnée de benzol, nous relevons :

Fragilité capillaire sur......	49 %	des sujets
Anémie légère.............	69	» »
Leucopénie................	34	» »
Neutropénie...............	30	» »
Éosinophilie..............	43	» »
Mononucléose..............	26	» »
Thrombopénie..............	47	» »

Nous notons seulement 10 % de Rötter normaux (décoloration en moins de 10 minutes) contre 27 % d'une durée de 10 à 15 minutes (carence marquée), 21 % d'une durée supérieure à 20 minutes (carence importante).

Comme conséquence pratique, pour la prophylaxie du benzolisme, l'administration d'acide ascorbique, en nature ou sous forme d'aliments riches en ce corps, s'impose, nonobstant tous les dispositifs de technique sanitaire industrielle : interdiction d'emploi du benzène pur à titre de solvant, emploi de solvants à titre aussi faible que possible en benzène, captation effective des vapeurs de solvants.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action cancérigène de la fraction insaponifiable de foies humains*. Note [1] de MM. **Charles Sannié**, **René Truhaut**, **Paul** et **Maurice Guérin**, présentée par M. Gustave Roussy.

Toutes les tentatives faites jusqu'à présent pour obtenir, à partir des organismes cancéreux, des extraits ou des substances cancérigènes chez l'animal n'ont abouti qu'à des échecs. Les seuls résultats positifs peuvent être attribués à l'existence dans les fractions injectées de cellules tumorales qui évoluent au sein de l'organisme dans lequel on les a transplantées, ou à des excitations mécaniques telles qu'en peuvent produire des injec-

(1) Séance du 21 octobre 1940.

tions trop longtemps répétées, sur lesquelles A. Lacassagne ([2]) a attiré l'attention.

Cependant Schabad ([3]), en 1937, a obtenu des tumeurs chez la Souris en injectant à cet animal des extraits benzéniques totaux de foie humain provenant de sujets morts de cancer. Malgré les critiques que l'on pouvait leur adresser : trop petit nombre d'animaux en expérience, absence de témoins, impuretés de l'extrait injecté, ces recherches constituaient la première tentative positive pour isoler des substances cancérigènes à partir de l'organisme humain atteint du cancer.

Dès 1937, nous avions nous-mêmes tenté d'extraire du foie de sujets cancéreux des principes cancérigènes. Le foie, prélevé le plus tôt possible après la mort, est décapsulé, lavé à l'eau, pulpé et desséché. La pulpe sèche est extraite au benzène au réfrigérant à reflux, et le résidu, après évaporation du benzène, saponifié par la potasse alcoolique. C'est l'insaponifiable restant après ce traitement qui a été utilisé dans nos expériences, dissous à la concentration de 5 % dans l'huile d'olive pure neutralisée.

75 Souris jeunes, faisant partie du même stock d'achat, furent réparties en 3 lots de 25, comprenant chacun 10 mâles et 15 femelles. Chaque Souris reçut une fois par semaine sous la peau du dos $0^{cm^3},3$ de la solution huileuse d'insaponiafiable, au total 8 injections en 2 mois. Au 1^{er} lot fut injecté un extrait de foie provenant de malades morts de cancer, au 2^e lot un extrait de foie de sujets non cancéreux, enfin le 3^e ne reçut que de l'huile servant d'excipient.

Si l'on tient compte seulement des animaux survivants après un an, il restait 20 Souris pour le lot 1, 20 pour le lot 2 et 15 pour le lot 3 témoin.

Trois types de lésions ont été observés : des kystes sous-cutanés, des néoplasies diverses, enfin des sarcomes.

1° *Les kystes sous-cutanés* apparaissent précocement, vers le 5^e ou 6^e mois et jusqu'au 12^e. Ils persistent, se prolongeant jusqu'à 20 mois, régressant rarement. Histologiquement ce sont des kystes hémorragiques développés sur des huilomes. Nous en avons observé 12 cas, dont 2 chez des mâles dans le 1^{er} lot, 5 cas dont 1 chez un mâle dans le 2^e lot, enfin aucun cas dans le 3^e lot.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **132**, 1939, p. 365-368.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 213-216; **126**, 1937, p. 1180-1184; S. A. NEUFACH, *ibid.*, **124**, 1937, p. 616-617.

2° *Diverses tumeurs néoplasiques* ont été constatées à la mort des animaux.

Dans le *lot* 1 nous avons observé plusieurs cas de néoplasie, tous chez des femelles. Ce furent : un épithélioma cutané du mamelon accompagné d'un adénome pulmonaire; un épithélioma probablement du pancréas; un sarcome de la trompe avec un réticulo-sarcome du foie; enfin, deux réticulo-sarcomes du foie.

Dans le lot 2, 3 femelles ont présenté des réticulo-sarcomes du foie. Enfin, dans le *lot* 3 témoin, il a été noté une granulomatose hépatique chez une femelle.

L'extrait de foie de sujets cancéreux (lot 1) paraît donc avoir une action favorisante sur l'apparition des tumeurs spontanées chez la Souris. Bien plus, chez la femelle l'extrait hépatique, qu'il provienne ou non de sujets cancéreux, paraît favoriser l'apparition des réticulosarcomes du foie. Nous nous proposons d'approfondir ultérieurement cet aspect du problème étudié ici.

3° *Les sarcomes sous-cutanés* sont les plus intéressants. Ils apparaissent tardivement, du 12e au 20e mois, évoluent en 1 ou 2 mois, ne donnent pas de métastases, ne présentent pas de rapports avec les kystes hémorragiques avec lesquels ils peuvent coexister. Leur examen histologique montre que ce sont des sarcomes fusiformes typiques, identiques à ceux que l'on obtient avec les carbures cancérigènes. On peut les greffer en série et deux d'entre eux en sont au 10e passage. *Ils existent seulement dans le lot* 1, où nous avons rencontré 6 cas sur 20 animaux, soit 30 %. Il y en avait un seul sur 12 femelles, et 5 sur 8 mâles.

L'existence de ces sarcomes, chez les seuls animaux ayant reçu l'extrait de foie cancéreux, paraît en relation certaine avec cet extrait. On ne peut les rattacher ni au hasard, ni à une excitation mécanique banale par piqûre. Le sarcome sous-cutané de la Souris est rare, et sur plus de 3000 souris autopsiées nous n'en avons pas observé un seul cas; d'autre part, aucun des autres lots n'en a présenté. L'apparition de sarcomes s'observe bien chez la Souris après injection des substances les plus diverses (glucose, HCl, protéines etc.), mais seulement après de très nombreuses injections longtemps répétées. Or le total des injections pour un animal n'a jamais dépassé 8, et il a été le même pour les trois lots. Enfin tout chauffage a été soigneusement évité, et jamais la température au cours de la préparation de l'extrait n'a dépassé 100°. Aucune substance cancérigène n'a pu se former artificiellement dans nos extraits.

Il nous semble donc logique d'admettre que le foie des cancéreux renferme une ou des substances capables de provoquer l'apparition de sarcomes sous-cutanés chez la Souris, exactement comme le feraient des solutions au 1/10000^{e} de benzopyrène ou de méthylcholanthrène. Ces substances se retrouvent dans la fraction insaponifiable des lipides extraits par le benzène. Nous en tentons actuellement l'isolement et la purification. Notons, en passant, que le spectre ultraviolet de nos extraits cancérigènes ne présente rien de particulier, et ne ressemble en rien aux spectres si typiques des carbures polybenzéniques condensés tels que le benzopyrène ou le méthylcholanthrène.

La séance est levée à 15^{h}45^{m}.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 NOVEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le Bureau de l'Académie trois brochures de la part du Comité international des Poids et Mesures, s'exprime comme il suit :

Ces trois brochures contiennent les procès-verbaux des séances des trois Commissions consultatives d'*Électricité*, de *Photométrie* et de *Thermométrie* nommées par le Comité international des Poids et Mesures.

La Commission d'Électricité a pris connaissance des travaux exécutés en vue de fixer les rapports des unités internationales électriques avec les unités absolues; elle indique les valeurs les plus probables pour l'*ohm*, l'*ampère* et le *volt*. Elle reprend ensuite, en dehors des trois premières, la définition des autres unités électriques, qui sont le *coulomb*, le *farad*, le *henry* et le *weber*. Elle passe alors à la question des étalons matériels, des étalons de référence internationaux et nationaux et enfin des rapports entre les unités absolues et les unités du système international.

La Commission de Photométrie, reprenant une ancienne proposition, pense qu'il y aurait lieu d'examiner des comparaisons de lampes fonctionnant à une température plus élevée, et elle estime désirable que les divers pays introduisent la bougie internationale dans leurs législations. La question de l'étalon primaire a retenu son attention; on sait que cet étalon est un radiateur de Planck (corps noir) à la température de solidification du platine. Vient ensuite la définition de la *bougie* nouvelle, du *lumen* nouveau. Sont étudiées ensuite des sources lumineuses ayant une tempé-

rature de couleur autre que celle de l'étalon primaire, et enfin la réalisation pratique des unités.

La Commission de Thermométrie a pris d'abord connaissance des diverses déterminations du point de fusion de la glace dans l'échelle absolue des températures (système Kelvin). La valeur la plus probable est 273°,15 avec une incertitude de $\pm 0°,02$. Une autre résolution est relative à l'unité de quantité de chaleur; celle-ci est la quantité de chaleur équivalente à l'unité d'énergie, c'est-à-dire à un joule. On peut remarquer que, dans l'état actuel de la technique, la manière la plus précise de mesurer des quantités de chaleur est d'opérer par comparaison avec des quantités équivalentes d'énergie électrique. Viennent ensuite diverses observations sur l'échelle absolue des températures.

Telles sont, très sommairement résumées, quelques résolutions des trois Commissions indiquées. Celles-ci étant essentiellement consultatives, ces résolutions seront soumises au Comité international des Poids et Mesures, quand les circonstances permettront de le réunir. En outre, la date à partir de laquelle il conviendrait d'exécuter les changements des unités tant électriques que photométriques reste évidemment en suspens.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions analytiques égales à une fonction algébrique en un nombre borné de points.* Note de M. **Paul Montel**.

1. Soit $y(x)$ une fonction algébrique définie par l'équation

$$F(x, y) \equiv A_0(x)y^m + A_1(x)y^{m-1} + \ldots + A_m(x) = 0,$$

dans laquelle $A_0(x)$, $A_1(x)$, ..., $A_m(x)$ désignent des polynomes dont le premier est de degré α_0 et m, un entier supérieur à 2. Soit encore $f(x)$ une fonction méromorphe dans un domaine (D) et prenant p fois au plus la valeur $y(x)$, chaque zéro de $f(x) - y(x)$ étant compté avec son ordre de multiplicité.

On démontre la proposition suivante :

Théorème. — *Les fonctions méromorphes dans un domaine (D), où elles prennent p fois au plus les valeurs d'une fonction algébrique à trois déterminations au moins, prennent un nombre borné de fois les valeurs de toute autre fonction algébrique à moins qu'une de leurs fonctions limites ne coïncide avec une branche de cette dernière fonction.*

En s'appuyant sur cette propriété, on peut établir le résultat suivant :

THÉORÈME. — *Les fonctions méromorphes dans un domaine* (D), *où elles prennent* p *fois au plus les valeurs d'une fonction algébrique à trois déterminations au moins, forment une famille quasi normale d'ordre total fini.*

Le nombre des points irréguliers d'une suite infinie convergente ne dépasse pas la partie entière q du quotient p/m, sauf dans le cas où la fonction limite coïncide avec une branche $y_0(x)$ de la fonction algébrique. Dans ce cas, le nombre p/m doit être remplacé par $p/(m-h)$, h désignant l'exposant du facteur $y-y_0(x)$ dans le polynome $F(x, y)$.

2. Supposons que les fonctions $f(x)$ soient holomorphes dans le domaine (D). Dans ce cas l'entier m peut être égal à deux. Le nombre des points irréguliers de toute suite infinie convergente ne peut dépasser la partie entière de $(p-\alpha_0)/m$ lorsque $p \geqq \alpha_0$. Si p est inférieur à $m+\alpha_0$, la famille est normale.

Toute fonction limite est une fonction holomorphe ou la constante infinie. Dans tous les cas cette fonction limite prend p fois au plus la valeur $y(x)$ ou coïncide avec une branche de cette fonction. Si le domaine (D) est le plan ouvert, toute fonction limite est un polynome qui peut se réduire à une constante finie ou infinie.

3. Appelons *polynome exceptionnel d'ordre* p relativement à $F(x, y)$, tout polynome $P(x)$ égal p fois au plus à $y(x)$ ou coïncidant avec une branche de cette fonction. On a alors

$$F(x, P) \equiv A_0 P^m + A_1 P^{m-1} + \ldots + A_m \equiv \varpi(x),$$

$\varpi(x)$ désignant un polynome de degré inférieur ou égal à p qui peut être identiquement nul.

Un polynome $F(x, y)$ peut n'admettre aucun polynome exceptionnel d'ordre p. Il en est ainsi, par exemple, pour le polynome

$$x^4 y^m - x^3 - 1,$$

pour $m \geqq 2$, $p \leqq 2$.

Le polynome $F(x, y)$ peut admettre un nombre fini de polynomes exceptionnels d'ordre p. Ce nombre ne peut dépasser $m+1$ en y comprenant la constante infinie qui doit être considérée comme un polynome exceptionnel lorsque α_0 ne dépasse pas p. Par exemple, le polynome

$$y^2 - x(x^2+1)y + x^2(x^2+1)$$

admet les trois polynomes exceptionnels ∞, x et x^3 pour $p=2$.

Enfin le nombre des polynomes exceptionnels d'ordre p peut être infini.

Par exemple, pour le polynome précédent et $p=3$, on a les polynomes exceptionnels $P(x)=x+C$; $P(x)=x^3+C'$. Pour $p=4$ on a les polynomes $P(x)=Cx+C'$; C et C' désignent des constantes arbitraires.

Lorsque p est assez grand, le nombre des polynomes exceptionnels est toujours infini. Dans ce cas, les polynomes exceptionnels se distribuent en un nombre fini d'ensembles de la forme $P(x)+\varpi(x)$, $P(x)$ désignant un polynome fixe et $\varpi(x)$ un polynome arbitraire dont le degré ne dépasse pas q.

4. Soit

$$f(x)=a_0+a_1x+\ldots+a_nx^n+\ldots$$

une fonction holomorphe pour $|x|<R$ égale p fois au plus à la fonction algébrique, à deux déterminations au moins, définie par le polynome $F(x,y)$.

1° *Si $F(x,y)$ n'admet aucun polynome exceptionnel d'ordre p, le nombre R est borné par un nombre fixe R_0 qui ne dépend que de $F(x,y)$;*

2° *Si $F(x,y)$ admet un nombre fini de polynomes exceptionnels d'ordre p et si les coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_q$ sont fixes, a_0 étant différent des valeurs à l'origine $P(0)$ des polynomes exceptionnels, on a*

$$R\leqq R_0(a_0, a_1, \ldots, a_q),$$

R_0 ne dépendant que de $F(x,y)$ et des valeurs de $a_0, a_1, \ldots, a_q$.

En particulier, quand on a $p<\alpha_0+m$, q est nul. Il suffit de fixer a_0 et $R_0(a_0)$ ne dépend que de $F(x,y)$ et de a_0;

3° *Si $F(x,y)$ admet une infinité de polynomes exceptionnels $P(x)$ d'ordre p; si les coefficients $a_0, a_1, \ldots, a_q, a_{q+1}$ sont fixes, a_{q+1} étant différent des valeurs $P^{(q+1)}(0)/(q+1)!$ en nombre fini, on a*

$$R\leqq R_0(a_0, a_1, \ldots, a_q, a_{q+1}),$$

R_0 ne dépendant que de $F(x,y)$ et des valeurs de $a_0, a_1, \ldots, a_q, a_{q+1}$.

En particulier, quand on a $p<\alpha_0+m$, il suffit de fixer a_0 et a_1 et $R_0(a_0, a_1)$ ne dépend que de $F(x,y)$ et de a_0, a_1.

Dans chacun des cas précédents, il existe au moins une fonction $f_0(x)$, holomorphe pour $|x|<R_0$, qui a un point singulier de module R_0 ou est égale à la fonction algébrique en plus de p points du cercle $|x|\leqq R_0$.

5. Les fonctions méromorphes dans un domaine (D), ne prenant pas plus de p fois les valeurs d'une fonction algébrique à trois déterminations au moins, forment une famille quasi normale dans l'intérieur de (D). Toute fonction limite est méromorphe dans (D). Lorsque ce domaine est le plan

ouvert, toute fonction limite est une fraction rationnelle qui peut se réduire à une constante finie ou infinie.

Toute fonction limite qui ne coïncide pas dans (D) avec une branche de la fonction algébrique prend p fois au plus les valeurs de cette fonction.

Appelons *fraction rationnelle exceptionnelle d'ordre p* relativement au polynome $F(x, y)$, toute fraction rationnelle $P(x)/Q(x)$ égale à $y(x)$ en p points au plus ou identique à l'une de ses branches. Pour que la fraction $P(x)/Q(x)$ soit exceptionnelle d'ordre p relativement à $F(x, y)$, il faut et il suffit que l'identité

$$Q^m F(x, y) \equiv A_0 P^m + A_1 P^{m-1} Q + \ldots + A_m Q^m \equiv \varpi(x),$$

dans laquelle $\varpi(x)$ désigne un polynome de degré inférieur ou égal à p qui peut être identiquement nul, soit vérifiée.

Un polynome $F(x, y)$ peut n'admettre aucune fraction rationnelle exceptionnelle d'ordre p. Il en est ainsi, par exemple, pour le polynome

$$x^4 y^m - x^3 - 1,$$

pour $m \geqq 2$, $p \leqq 2$.

$F(x, y)$ peut admettre un nombre fini de fractions rationnelles exceptionnelles d'ordre p. Par exemple le polynome précédent, pour $m = 4$ et $p = 3$, admet les fractions exceptionnelles 0, $\pm 1/x$, $\pm i/x$.

Enfin $F(x, y)$ peut admettre une infinité de fractions rationnelles exceptionnelles d'ordre p. Pour de telles fractions, $P(x)$ et $Q(x)$ dépendent linéairement de paramètres arbitraires dont le nombre ne peut dépasser $2q + 2$, q désignant la partie entière de p/m.

6. Soit

$$f(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_n x^n + \ldots$$

une fonction méromorphe pour $|x| < R$, prenant à l'origine une valeur finie, égale p fois au plus à la fonction algébrique, à trois déterminations au moins, définie par le polynome $F(x, y)$.

1° *Si* $F(x, y)$ *n'admet aucune fraction exceptionnelle d'ordre p, on a* $R \leqq R_0$, R_0 *ne dépendant que de* $F(x, y)$.

2° *Si* $F(x, y)$ *admet un nombre fini de fractions exceptionnelles d'ordre p; si* $a_0, a_1, \ldots, a_q$ *sont fixes et* a_0 *différent des valeurs à l'origine de ces fractions, on a*

$$R \leqq R_0(a_0, a_1, \ldots, a_q),$$

R_0 *ne dépendant que de* $F(x, y)$ *et de* $a_0, a_1, \ldots, a_q$.

D'ailleurs, si $p < \alpha_0 + m$, le nombre $R_0(a_0)$ ne dépend que de $F(x, y)$ et de a_0.

3° *Si* $F(x, y)$ *admet une infinité de fractions exceptionnelles d'ordre* p*; si* $a_0, a_1, \ldots, a_{2q+1}, a_{2q+2}$ *sont fixes et* a_{2q+2} *diffèrent des valeurs du coefficient de même rang des fractions exceptionnelles de coefficients* $a_0, a_1, \ldots, a_{2q+1}$*, on a*

$$R \leq R_0(a_0, a_1, \ldots, a_{2q+1}, a_{2q+2}),$$

R_0 *ne dépendant que de* $F(x, y)$ *et de* $a_0, a_1, \ldots, a_{2q+2}$.

7. Les résultats qui précèdent conduisent à des théorèmes d'algèbre obtenus en remplaçant $f(x)$ par un polynome $P(x)$ ou par une fraction rationnelle $P(x)/Q(x)$. En particulier, si $F(x, y)$ n'admet aucune fraction rationnelle exceptionnelle d'ordre p, les équations

$$A_0P^m + A_1P^{m-1} + \ldots + A_m = 0,$$
$$A_0P^m + A_1P^{m-1}Q + \ldots + A_mQ^m = 0$$

ont, quels que soient les polynomes P et Q, p racines dont les modules sont inférieurs à un nombre fixe ne dépendant que de $F(x, y)$.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les pyrimidines à substituant monocarboné sur* C5, *permettant à* Polytomella cæca *(Flagellé) de réaliser la synthèse partielle de la vitamime* B1. Note de M. **Maurice Javillier** et M^me **Lise Émerique-Blum**.

La vitamine B1, ou aneurine, se comporte vis-à-vis de maints microorganismes comme facteur de croissance. A. et M. Lwoff l'ont notamment observé pour des Protozoaires comme *Glaucoma piriformis* (Cilié) et diverses espèces de *Strigomonas* (Flagellés) [1].

L'action de la vitamine sur la croissance de *Glaucoma piriformis*, croissance qui est fonction de la teneur du milieu en aneurine, a permis à l'un de nous d'établir, avec A. Lwoff, une fine méthode de dosage biologique de l'aneurine [2].

Si la présence, dans le milieu, de l'aneurine elle-même

```
                                      CH³
        N ═══ CH                       |
        |3    4|                       C════════C—CH²—CH²OH
  H³C—C2      5C      CH²———N<4         5|
        ||1   6||              |3      1|
        N——— C—NH²          OH  CH———S
```

[1] A. et M. Lwoff, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 644 et 771; **127**, 1938, p. 1170; M. Lwoff, *ibid.*, **128**, 1938, p. 241.

[2] Lise Émerique-Blum et André Lwoff, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **21**, 1939, p. 1057; **22**, 1940, p. 179.

est nécessaire à la croissance des *Glaucoma* et des *Strigomonas*, il est des microorganismes qui peuvent se contenter de la coexistence, dans le milieu, des deux fragments, pyrimidique et thiazolique, qui, liés, constituent la vitamine. Ce fait résulte de l'aptitude que possèdent ces derniers microorganismes de réaliser d'abord la synthèse partielle de la vitamine B 1. Il en est notamment ainsi, parmi les Protozoaires, de *Polytomella cæca* et *Chilomonas paramecium* (3).

Il en est d'ailleurs de même du Champignon Oomycète *Phycomyces blakesleeanus*, employé cependant pour le microdosage biologique de la vitamine B 1 (4), et moins spécifique par conséquent que *Glaucoma piriformis*. Nous nous sommes demandé quelles pyrimidines sont susceptibles d'assurer, en présence de 4-méthyl 5-β-hydroxyéthyl-thiazol (5), la formation biologique de vitamine B 1. La présence d'un NH^2 fixé sur l'atome de carbone 6 étant, d'après le processus même d'action de la vitamine et comme le prouve l'expérience (6), indispensable, il est entendu que ce doit être une 6-amino-pyrimidine (7). Bien que la nécessité du CH^3 sur l'atome de carbone 2 soit moins évidente, nous ne nous occuperons pas ici de ce substituant, pour porter uniquement notre attention sur la seule substitution qui importe pour la réaction de condensation, la substitution faite sur l'atome de carbone 5.

Parmi les substituants monocarbonés, seuls avaient été jusqu'ici expérimentés (8) les suivants : $-CH^3$, $-CH^2OH$, $-CH^2-NH^2$. Nous avons estimé qu'il y avait intérêt, pour la connaissance de la biochimie des Protozoaires tels que *Polytomella cæca*, d'expérimenter sur toute la série des pyrimidines à substitutions monocarbonées sur le carbone 5. Grâce à M. Delépine (9), nous avons eu en mains des 2-méthyl 6-amino pyrimidines, présentant en outre sur l'atome de carbone 5 des substituants mono-

---

(3) A. Lwoff et H. Dusi, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 630.

(4) M. W. H. Schopfer, *Bul. Soc. Bot. suisse*, **47**, 1937, p. 460.

(5) Nous ne nous sommes pas occupés du thiazol. La nécessité dans celui-ci du CH^3 sur l'atome de carbone 4 n'est pas établie. La présence sur l'atome de carbone 5 d'une chaîne à groupement alcoolique ou à groupement transformable en celui-ci est indispensable.

(6) A. Lwoff et H. Dusi, *C. R. Soc. Biol.*, **128**, 1938, p. 238.

(7) Il y a un peu de flottement dans le numérotage des sommets; notre sommet 6 est parfois numéroté 4.

(8) A. Lwoff et H. Dusi, *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 1408.

(9) Certains des dérivés cités ci-après ont été préparés, en vue de ce travail, au laboratoire de M. Delépine par M. Badoche.

carbonés autres que les précédents. Les expériences avec *Polytomella cæca* atteignent dès lors l'ensemble des pyrimidines portant sur le carbone 5 les groupements monocarbonés $-CH^3$, $-CH^2OH$, $-CHO$, $-CO^2H$, $-CONH^2$, $-CH^2NH^2$, $-CN$.

Le schéma des essais est le suivant : la souche est une culture pure de *Polytomella cæca* en milieu liquide renfermant quelques sels minéraux, de l'acétate d'ammonium comme aliment carboné et azoté, du thiazol ([10]) et la quantité limite d'une pyrimidine déjà reconnue active (la 2-méthyl 5-amino méthyl 6-amino pyrimidine). Dans ces conditions, le repiquage n'apporte qu'une quantité tout à fait négligeable de cette pyrimidine.

Les ensemencements se font dans des milieux renfermant les mêmes sels que précédemment, plus la quantité appropriée de 4-méthyl 5-β-hydroxyéthyl-thiazol, plus l'une des pyrimidines à éprouver. Ces dernières, prélevées de solutions alcooliques ([11]), étaient introduites dans les milieux en quantités variées, moléculairement inférieures ou égales à celles du thiazol.

L'observation consiste à voir s'il y a, ou non, culture du Protozoaire, quels sont le début et l'abondance relative de la culture.

Les résultats ont été les suivants : Les substituants $-CH^2OH$, $-CHO$, $-CH^2NH^2$, $-CN$ sont actifs ([12]); ils provoquent la multiplication des *Polytomella*. Nous dirons qu'ils ont assuré la synthèse de la vitamine par condensation des deux fragments pyrimidique et thiazolique. Le groupement $-CN$ s'est cependant montré moins favorable; les cultures n'ont débuté qu'après un retard notable.

Les substituants $-CO^2H$, $-CONH^2$, auxquels s'adjoint le substituant $-CH^3$ déjà expérimenté ([8]), ne permettent aucune culture. Ils ne se prêtent pas à l'union des deux cycles.

L'on était en droit de se demander si, dans le cas des résultats négatifs, il n'y avait pas quelque effet toxique des pyrimidines essayées; mais il n'en était rien, car l'addition d'une pyrimidine active suffisait à faire partir la culture, qui devenait aussi abondante qu'en l'absence de l'autre pyrimidine. Nous tenons donc nos résultats pour valables.

([10]) Sulfate de magnésium $0^g,1$; phosphate monopotassique $0^g,2$; chlorure de potassium $0^g,1$; citrate de fer $0^g,01$; chlorure de calcium $0^g,01$; acétate d'ammonium 1^g; 4-méthyl 5-β-hydroxyéthyl-thiazol $0^g,001$, pour un litre; soude Q. S. pour ajuster le pH à 6,5.

([11]) Solutions à 1/10000 dans l'alcool à 80° G. L.

([12]) Pour $-CH^2OH$ et $-CH^2NH^2$, confirmation du travail de A. Lwoff et H. Dusi, *loc. cit.* ([8]).

Ces résultats trouvent d'ailleurs une interprétation simple. Le Protozoaire expérimenté ne peut condenser avec le thiazol que les pyrimidines possédant, fixé sur le carbone 5, le groupement —CH^2OH ou un groupement qu'il puisse d'abord transformer en cette fonction alcool ([13]). L'intérêt de cette série d'épreuves est précisément de nous éclairer sur les limites dans lesquelles se place l'action chimique du microbe.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Nouvelles sphères associées au tétraèdre.* Note de MM. **R. Bouvaist** et **V. Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans un triangle quelconque ABC, le cercle inscrit de centre I touche les côtés en A′, B′, C′ et les droites AA′, BB′, CC′ concourent au point P de Gergonne. Les perpendiculaires aux bissectrices AI, BI, CI, menées par P, rencontrent les côtés du triangle en six points d'un cercle [*cercle d'Adams* ([1])]. Il y a deux cercles d'Adams pour chacun des cercles tritangents du triangle fondamental.

2. Théorème I. — *Une sphère* (S) *touche les faces* (A), (B), (C), (D) *d'un tétraèdre* ABCD *en* A′, B′, C′, D′. *Les droites* AA′, BB′, CC′, DD′ *sont supposées se couper en* P. Γ_A, Γ_B, Γ_C, Γ_D *sont les cônes de sommets* A, B, C, D *circonscrits à* (S). *Les plans menés par* P *parallèlement aux plans* B′C′D′, C′D′A′, D′A′B′, A′B′C′ *coupent* Γ_A, Γ_B, Γ_C, Γ_D *suivant quatre cercles qui sont sur une même sphère concentrique à* (S) (*sphère d'Adams*) (V. T.).

Laissant invariable le plan de l'infini, par transformation homographique, cette proposition devient la suivante.

Théorème II. — *Une quadrique* (Q) *touche les faces* (A), (B), (C), (D) *d'un tétraèdre* ABCD *en* A′, B′, C′, D′. *Les droites* AA′, BB′, CC′, DD′ *sont supposées se couper en* P. T_A, T_B, T_C, T_D *sont les cônes de sommets* A, B, C, D *circonscrits à* (Q). *Les plans menés par* P *parallèlement aux plans* B′C′D′, C′D′A′, D′A′B′, A′B′C′ *coupent* T_A, T_B, T_C, T_D *suivant*

([13]) Voir M. Javillier et L. Émerique-Blum, *Ann. des Fermentations*, 5, 1939, p. 193.

([1]) *Die Lehre von den Transversalen*, 1847, p. 79.

quatre coniques qui sont sur une quadrique (Q′), *homothétique et concentrique à* (Q). (V. T.) [2].

3. Des sphères variables (ω_A), (ω_B), (ω_C), (ω_D) sont inscrites dans les angles solides A, B, C, D d'un tétraèdre quelconque ABCD, de manière que leurs contacts sur les faces adjacentes soient douze points situés sur une sphère (S). Cette sphère est concentrique à la sphère inscrite de centre I, laquelle touche les faces (A), (B), (C), (D) en A′, B′, C′, D′. Lorsque *les sphères* (ω_A), (ω_B), (ω_C), (ω_D) *varient, leur centre radical est un point fixe* P. Il y a quatre groupes de quatre sphères (ω_A), (ω_B), (ω_C), (ω_D) passant par P (ou orthogonales à une sphère de centre P).

4. Théorème III. — *Étant donné un tétraèdre quelconque* ABCD, *la sphère inscrite touche les faces* (A), (B), (C), (D) *en* A′, B′, C′, D′. *Soit* P *le point dont les distances aux faces de* A′B′C′D′ *soient proportionnelles aux rayons des cercles* (B′C′D′), (C′D′A′), (D′A′B′), (A′B′C′) [3]. *Il existe quatre groupes de quatre sphères respectivement inscrites dans les angles solides* A, B, C, D *et passant par* P. *Leurs points de contact avec les faces* (A), (B), (C), (D) *sont douze points situés sur une même sphère concentrique à la sphère inscrite. Si les produits des arêtes du tétraèdre* A′B′C′D′ *sont égaux, le point* P *est le point de concours de* AA′, BB′, CC′, DD′ (*sphère d'Adams*) (R. B.).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'hypsométrie de la France.* Note [1] de M. **Emmanuel de Martonne**, présentée par M. Robert Bourgeois.

La préparation d'une Géographie physique de la France nous a amené à déterminer son altitude moyenne et celle de ses grandes régions [2].

Les mesures ont été effectuées à l'Institut de Géographie de l'Université

---

[2] Cf. V. Thébault, *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, **42**, 1922, p. 173; P. Delens, *Comptes rendus*, 206, 1937, p. 319; V. Thébault, *Mathesis*, 1940, p. 95.

[3] M. R. Bouvaist avait aussi obtenu ce théorème (V. T.).

[1] Séance du 28 octobre 1940.

[2] C'est la première fois, à notre connaissance, que ce travail est effectué avec précision pour toute la France. Le Service des Forces hydrauliques a planimétré les zones hypsométriques des Alpes françaises par bassins fluviaux, et R. Blanchard en a tiré l'altitude moyenne des divers massifs [*Altitudes moyennes des régions naturelles des Alpes françaises* (*Travaux de l'Institut de Géographie alpine*, 1919, p. 245-308)].

de Paris par plusieurs élèves du cours de Cartographie, sous la surveillance de M. Bergelin, au moyen d'un planimètre de haute précision (Planimètre polaire à disque de Coradi), en opérant sur les quatre feuilles de la carte du relief de la France à 1/1 250 000e de l'*Atlas de France*, publié par le Comité National de Géographie. On a planimétré indépendamment chaque trapèze de 1° de longitude et latitude avec trois réitérations et obtenu, par les tables du sphéroïde, le contrôle le plus exact. Les calculs ont été vérifiés par M. Libault.

Les limites des grandes régions naturelles et de leurs subdivisions avaient été tracées en raison de la géologie et de la morphologie, et en suivant, toutes les fois qu'il était possible, une courbe de niveau, les îles étant rattachées à la région voisine, les estuaires étant négligés jusqu'au point où leur largeur est réduite à 1km.

TABLEAU I.

Superficies en kilomètres carrés des zones altimétriques (désignées par l'altitude maximum, 100 veut dire de 0 à 100, 250 de 100 à 250 etc.), pour la France continentale et pour les principales régions naturelles.

	100.	250.	500.	750.	1000.	1500.	2000.	2500.	3000.	+ 3000.
France	137524	192301	110453	37197	27533	21250	7580	5015	2767	643
Alpes		2158	7612	6586	6719	8078	5129	3638	2277	630
Pyrénées	131	1105	3905	2677	2235	2829	2220	1377	490	13
Massif Central		5095	32243	20793	15078	8931	133			
Vosges		421	3965	2110	840	259				
Jura		481	3880	3468	2597	1153	26			
Bassin Parisien	46985	103602	29925	502						
Mas. Armoricain	39775	23703	1725							
Bassin Aquitain	37928	31795	11058	241						
Provence	5196	1640	2823	453	64					
Corse	1658	1418	1804	1163	1151	951	449	128		

TABLEAU II.

Pourcentage des surfaces des zones altimétriques.

	100.	250.	500.	750.	1000.	1500.	2000.	2500.	3000.	+ 3000.
France	25,4	35,5	20,4	6,9	5	3,9	1,4	0,9	0,5	0,1
Alpes		4,9	17,5	15,4	15,7	18,9	12,1	8,5	5,3	1,5
Pyrénées	0,77	6,5	23,3	15,7	13,1	16,6	13,0	8,1	2,9	0,03
Massif Central		6,2	39,0	25,2	18,2	10,8	0,17			
Vosges		5,5	52,2	27,2	11,3	3,4				
Jura		4,2	33,4	29,9	22,4	9,1	0,2			
Bassin Parisien	26	57,4	16,4	0,2						
Massif Armoricain	61,0	36,3	2,7							
Bassin Aquitain	46,8	39,2	13,7	0,2						
Provence	51	16,1	27,8	4,4	0,7					
Corse	19,1	16,2	20,7	13,2	13,1	10,9	5,1	1,3		

TABLEAU III.

Altitude moyenne (m), *altitude maximum* (M) *et* 100 m : M *de la France continentale* (Fr.) *et des principales grandes régions* (A. = Alpes; P. = Pyrénées; M. C. = Massif Central; V. = Vosges; J. = Jura; B. P. = Bassin Parisien; M. A. = Massif Armoricain; B. A. = Bassin Aquitain; Pr. = Provence; C. = Corse).

	Fr.	A.	P.	M. C.	V.	J.	B. P.	M. A.	B. A.	Pr.	C.
m...........	342	1121	1008	715	530	660	178	104	135	441	570
M...........	4800	4800	3600	1886	1426	1723	532	417	447	1154	2710
100 m : M.....		23	28	38	37	38	35	25	30	38	21

MAGNÉTISME. — *Nouvelle action du magnétisme.*
Note (1) de M. **Georges Destriau**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai signalé (2) que, moyennant certaines précautions, en soumettant à l'action d'un champ magnétique une électrode de nickel plongeant dans une solution de sulfate de nickel, il apparaissait des f. é. m. distinctes des f. é. m. d'aimantation étudiées par Hurmuzescu.

J'ai repris cette étude avec des électrodes non ferromagnétiques, auquel cas il ne saurait intervenir des f. é. m. d'aimantation. J'emploie alors un tube en U dont l'une des branches se trouve placée dans un champ magnétique qui peut être uniforme. J'ai particulièrement étudié le système Cu—sol. SO^4Cu—Cu, pour lequel la f. é. m. résiduelle est insignifiante (de l'ordre de 10^{-4} volt). En faisant agir le champ magnétique, l'électrode placée dans le champ devient d'abord très légèrement négative, durant la première heure, puis ensuite fortement positive, la f. é. m. tendant asymptotiquement vers une valeur limite $\mathcal{E}_l$. L'allure du phénomène se trouve représentée par la courbe (*fig.* 1). Abstraction faite de la petite décroissance du début, les courbes sont assez bien représentées par une loi de la forme

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_l e^{\frac{\theta}{t}}$$

(t = durée d'action du champ,
θ = constante, représentée par une droite en coordonnées semi-logarithmiques).

Contrairement à ce qui se passe pour les f. é. m. d'aimantation, la valeur de la f. é. m. ne dépend pas de l'orientation de la surface de contact

(1) Séance du 21 octobre 1940.
(1) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 617.

métal-solution. En laissant le système au repos, la f. é. m. continue d'abord à croître très légèrement, puis décroît finalement jusqu'à zéro en 10 à 12 heures.

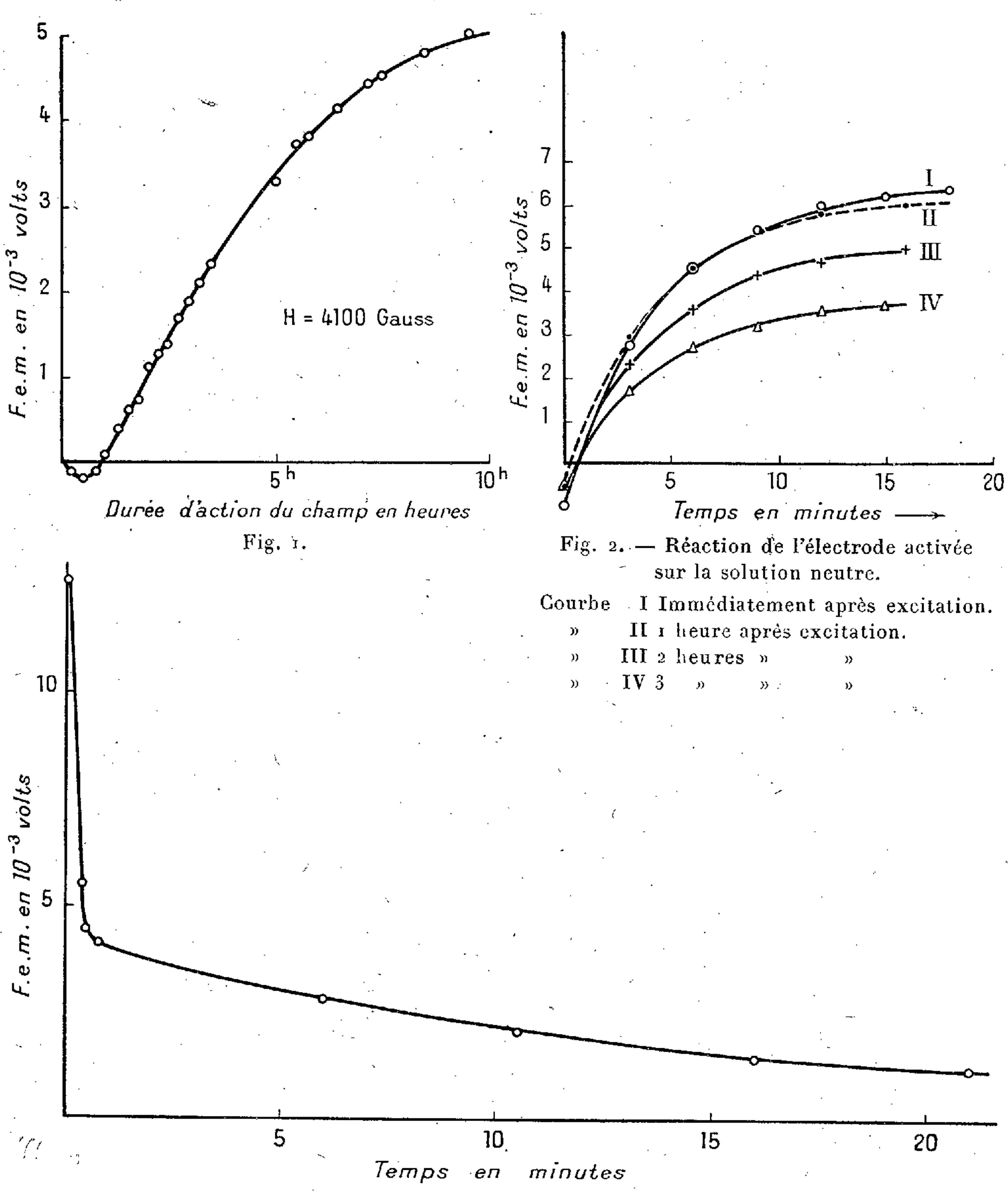


Fig. 1.

Fig. 2. — Réaction de l'électrode activée sur la solution neutre.

Courbe I Immédiatement après excitation.
» II 1 heure après excitation.
» III 2 heures » »
» IV 3 » » »

Fig. 3. — Réaction solution activée sur électrode neutre.

La valeur limite ε_l croît un peu plus vite que le carré du champ, expériences faites de 3000 à 10000 gauss (il n'y a donc pas tendance à saturation comme dans le cas des f. é. m. d'aimantation). Cette valeur

limite est de plus indépendante de la concentration de la solution (étude faite de 20g à 250g de $SO^4Cu, 5H^2O$ par litre).

Après avoir activé le système électrode-solution de l'une des branches, si l'on renouvelle la solution par deux tubulures latérales, la f. é. m. retombe instantanément à zéro, mais il y a *réaction lente de l'électrode active sur la solution fraîche et en 15 à 20 minutes* la f. é. m. reprend la valeur qui correspondait à l'action du champ (courbes I-II-III, *fig.* 2); on peut renouveler l'expérience plusieurs fois, l'activation de l'électrode ne disparaissant que lentement.

Réciproquement, si l'on ne fait agir le champ que sur le coude inférieur du tube en U, les électrodes demeurant hors du champ, la f. é. m. reste nulle, mais en refoulant sur l'une des électrodes, la solution activée, *cette électrode devient très fortement positive*. Cette f. é. m. décroît d'abord très rapidement durant la première minute, puis plus lentement (courbe, *fig.* 3); on peut renouveler l'expérience en refoulant une nouvelle tranche de solution, l'activation de cette solution ne disparaissant elle-même que lentement.

Ces réactions d'une électrode activée sur une solution neutre, ou *vice versa* d'une solution activée sur une électrode neutre, montrent qu'il s'agit d'un phénomène tout à fait nouveau, dont le mécanisme m'échappe actuellement. Il ne saurait y avoir variation de concentration, ainsi que j'en avais émis l'opinion, ni modification du taux de dissociation; peut-être s'agit-il d'un phénomène d'orientation. Quoi qu'il en soit, cette action persistante du magnétisme sur une électrode diamagnétique ou sur une solution paramagnétique me paraît difficile à expliquer d'une façon satisfaisante.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la masse d'un mésoton par choc élastique*. Note [1] de MM. **L. Leprince-Ringuet**, **S. Gorodetzky**, **E. Nageotte** et **R. Richard-Foy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons poursuivi, pendant l'hiver 1938-1939 et au printemps 1939, les expériences sur le rayonnement cosmique avec la grande chambre de Wilson précédemment décrite [2] et le champ magnétique de l'électro-aimant de l'Académie des Sciences, à Bellevue.

---

(1) Séance du 14 octobre 1940.

(2) L. Leprince-Ringuet et J. Crussard, *J. Phys. et Radium*, 8, 1937, p. 207.

La chambre de Wilson a été modifiée de façon à permettre l'introduction, en son milieu, de deux petits compteurs d'électrons superposés et

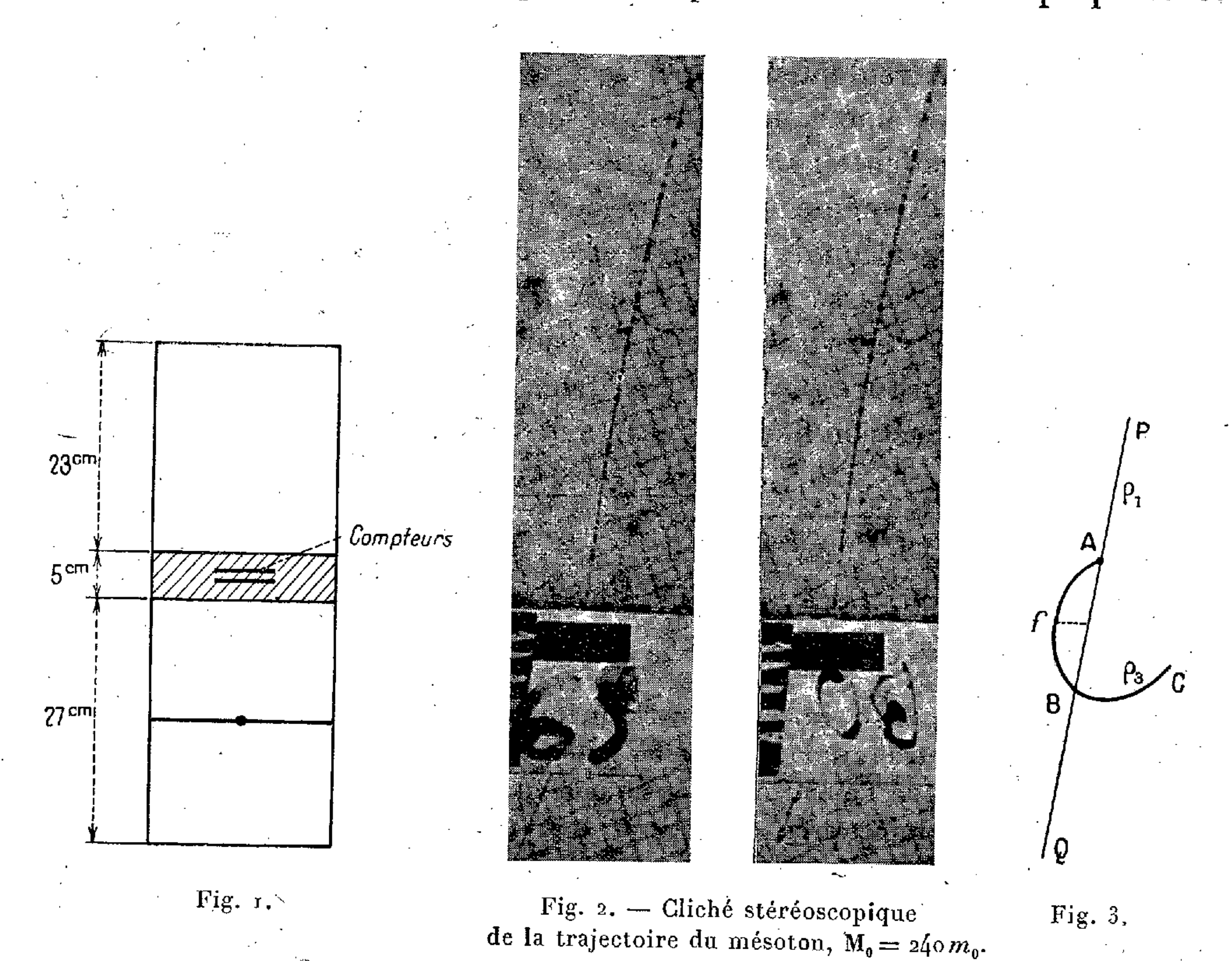


Fig. 1.

Fig. 2. — Cliché stéréoscopique de la trajectoire du mésoton, $M_0 = 240\,m_0$.

Fig. 3.

fonctionnant en coïncidence, qui déclenchaient la détente : ce dispositif a l'avantage de choisir les rayons qui ont traversé la chambre en son milieu, ce qui est très favorable aux mesures. Le champ magnétique est perpendiculaire au plan moyen de la chambre, comme précédemment.

Plusieurs milliers de clichés ont ainsi été pris, mais n'ont pu être dépouillés à cause des événements.

Nous avons entrepris le dépouillement des clichés les plus intéressants et nous avons trouvé, parmi eux, la photographie d'un choc au sein du gaz de la chambre, entre un mésoton rapide et un électron du gaz.

De tels chocs élastiques sont des sources de renseignements précieux, mais ils se produisent très rarement dans des conditions permettant de bonnes mesures. Nous connaissons pour le rayonnement cosmique trois

clichés de ce genre [3], mais, dans aucun des cas, la totalité des éléments n'a pu être mesurée avec précision.

L'intérêt essentiel d'une photographie de choc élastique est qu'elle permet, en faisant seulement appel aux théorèmes fondamentaux de la mécanique et de l'électromagnétisme, de calculer la masse au repos de la particule incidente : si l'on suppose, ce que nous supposons, que les deux particules ont même charge électrique, on trouve, en appliquant les lois de la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement, que le rapport μ_0 de la masse au repos de la particule incidente (M_0) à celle de l'électron (m_0) s'exprime par la relation simple suivante en fonction des rayons de courbure ρ_1 et ρ_3 des deux particules ($\rho_1 \gg \rho_3$), et de la distance f dont l'électron heurté s'écarte de la particule incidente

$$\mu_0 = \frac{M_0}{m_0}\,\frac{\rho_1}{\rho_0(r_4-\rho_0)}\sqrt{(r_3+r_4-\rho_0-f)(r_3-r_4+\rho_0-f)}.$$

Dans cette relation $r_4 = \sqrt{r_3^2+\rho_0^2}$, $r_3 = \rho_2/\cos\zeta$, ζ étant l'angle de départ, supposé faible, du secondaire avec le plan normal au champ magnétique $\mathcal{H}$.

ρ_0 est la longueur $m_0c^2/e c\mathcal{H}$. Cette longueur ρ_0 est en elle-même intéressante à considérer : elle s'introduit dans les calculs comme rayon de courbure correspondant à la masse au repos de l'électron : physiquement, c'est la différence des rayons de courbure de deux trajectoires d'électrons très rapides ($\beta \neq 1$) dont les énergies cinétiques diffèrent de m_0c^2.

On peut montrer que, dans l'étude du choc, la flèche f est limitée supérieurement par la valeur $f = \rho_0$, quelles que soient la masse de la particule incidente et les hypothèses sur les ordres de grandeur des rayons de courbure, tant que $\rho_1 \gg \rho_0$, ce qui est toujours le cas.

La formule indiquée ci-dessus, qui fait seulement intervenir des longueurs directement mesurables, est préférable à la formule donnée habituellement, qui fait intervenir les β des deux particules, et sur laquelle on se rend mal compte des approximations qu'il est légitime de faire.

Si l'on cherche quelles sont les conditions expérimentales favorables, il semblerait qu'un grand champ magnétique soit indispensable pour la mesure de ρ_1, à cause de la très grande énergie des particules du

---

(3) P. M. S. Blackett, *La radiation cosmique*, 1935, planche X; L. Leprince-Ringuet et J. Crussard, *loc. cit.*; J. G. Wilson, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 166, 1938, p. 482.

rayonnement cosmique. Mais alors la valeur de ρ_0 est très faible ($0^{cm},13$ pour $\mathcal{H} = 13000$), et les flèches correspondant aux diverses masses deviennent pratiquement indiscernables.

Si, au contraire, on utilise un champ faible, les flèches peuvent devenir bien mesurables et discernables, mais alors il est rare que l'on puisse mesurer ρ_1 avec précision : il faut avoir la chance de photographier une trajectoire d'énergie suffisamment faible.

Nous avons, avec un champ de 2650 gauss, eu la chance d'obtenir ρ_1, ρ_3 et f simultanément bien mesurables, les données du cliché présenté ci-dessus (*fig.* 2) sont les suivantes :

$$115 < \rho_1 < 120 \text{ cm}; \quad 1,05 < \rho_3 < 1,10 \text{ cm}; \quad 0 < f < 0,03 \text{ cm}; \quad \cos\zeta = 0,97.$$

La particule est négative. La masse, calculée d'après ces données, est

$$M_0 = 240\, m_0.$$

L'étude des erreurs possibles sur $\mathcal{H}$, ρ_1, ρ_3, f, $\cos\zeta$, et sur les conditions de photographie, montre que la précision sur M_0 atteint 20 unités. On peut donc donner, pour la masse du mésoton,

$$M_0 = (240 \pm 20)\, m_0.$$

L'examen stéréoscopique du cliché montre que le caractère secondaire de l'électron heurté n'est pas douteux.

On peut, comme contrôle de la mesure, indiquer que si la particule incidente avait été un électron, la flèche f aurait valu 4^{mm}, alors qu'elle n'atteint pas $0^{mm},3$; si la particule incidente avait eu la masse d'un proton, la valeur de ρ_3 aurait atteint au plus le dixième de la valeur mesurée.

Enfin signalons que, après traversée de la boîte contenant les compteurs d'électrons, la trajectoire est plus ionisante, et présente un aspect continu au lieu de l'aspect granulaire que l'on observe dans la partie supérieure de la chambre. L'énergie cinétique du mésoton passe de 29.10^6 eV à 9.10^6 eV à la traversée de la boîte et des compteurs qui représentent une épaisseur de $4^{mm},5$ de métal de densité égale à 8.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Liaisons intermoléculaires entre l'orthochlorophénol et divers composés organiques. Application au dosage de ces composés par les spectres d'absorption infrarouge.* Note de M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons signalé [1] l'existence des deux bandes infrarouges caractéristiques des groupements OH libres que présente l'orthochlorophénol (il existe en outre des bandes caractéristiques des groupements OH associés; nous n'en parlerons pas ici). Nous nous proposons dans cette Note de *comparer systématiquement l'intensité de ces bandes infrarouges pour des solutions d'orthochlorophénol dans divers composés organiques; une méthode rapide de dosage de certains de ces composés sera déduite des résultats obtenus.*

Nous examinerons plus particulièrement la bande la plus intense, située vers $0^{\mu},99$. Dans toutes les expériences une même sensibilité de l'appareil est conservée; nous définirons alors de façon arbitraire l'intensité de la bande par la différence de hauteur de la courbe entre le maximum et le minimum d'absorption au voisinage de la bande. La précision relative de ces mesures est de l'ordre de 5%. Toutes les solutions à 20% en volume d'orthochlorophénol dans le mélange sont examinées dans des conditions identiques sous une épaisseur de 5^{cm} (2^{cm^3} de solution suffisent à la mesure, l'enregistrement ne dure que quelques minutes).

Pour prendre deux cas extrêmes parmi les solutions étudiées, précisons que, pour la solution à 20 % d'orthochlorophénol dans l'hexane, la bande est très intense; par contre, pour la solution dans l'acétone cette bande a une intensité sensiblement nulle : dans le premier cas il y a *désassociation* par l'hexane des molécules d'orthochlorophénol associées entre elles; dans le second cas il y a *association intermoléculaire* (*liaison hydrogène*) entre les molécules d'orthochlorophénol et les molécules d'acétone. Ces considérations sont d'ailleurs valables pour des composés hydroxylés autres que l'orthochlorophénol : mais ce composé a été choisi parce que la bande de $0^{\mu},99$, très intense, se prête à des mesures précises.

1. Le tableau ci-contre fournit des exemples de cas intermédiaires entre les deux cas extrêmes envisagés ci-dessus; ce tableau permet d'avoir une idée du « *pouvoir associant* » *du composé mélangé à l'orthochlorophénol :*

---

[1] Pour un résumé de ces travaux, voir R. Freymann, *Journ. Phys.*, 9, 1938, p. 517; 10, 1939, p. 1.

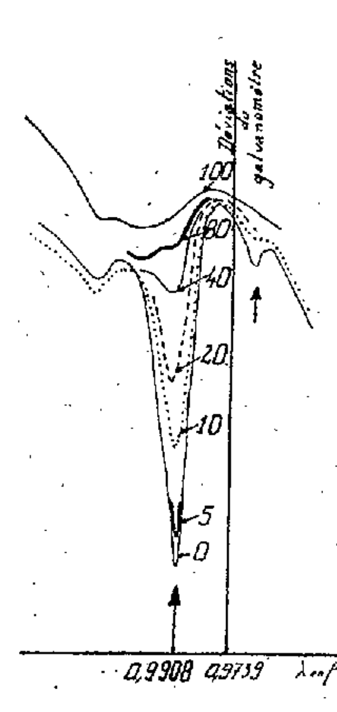
il est d'autant plus grand que le nombre indiqué est plus faible; ce nombre représente, en unités arbitraires, l'intensité de la bande de $0^{\mu},99$.

Tétrachlorure de carbone	82	Acétone	2	Paraldéhyde	22	Nitrite de butyle	5
Chloroforme	66	Méthyléthylcétone	2	Aldéhyde propylique	30	» d'amyle	15
Hexane	85	Dipropylcétone	2	Aldéhyde butylique	30	» d'isoamyle	12
Heptane	85	Diéthylcétone	2	Aldéhyde benzoïque	5	Nitrate de méthyle	50
Octane	82	Méthylhexylcétone	7	Aldéhyde salicylique	11	» d'éthyle	41
Isooctane	87	Alcool éthylique	1	Benzoate de méthyle	9	» de butyle	45
Nonane	82	Alcool butylique	1	Salicylate de méthyle	61	Carb. de méthyle	29
Décane	81	Glycol	2			» d'éthyle	28
Undécane	81	Éther éthylique	9			Sulf. de méthyle	41
Hexadécane	77	Acétonitrile	9			» d'éthyle	35
Cyclohexane	85						
Méthylcyclohexane	81						
Nonène 1.2	75						
Dodécène 1.2	72						
Tétradécène 1.2	75						
Benzène	70						

Ce tableau appelle en outre quelques remarques :

a. Les valeurs obtenues pour les carbures éthyléniques ou le benzène sont sensiblement plus faibles que celles relatives aux carbures saturés : il est possible que les doubles liaisons affectent le groupement oxhydrile.

b. Il est remarquable que les cétones et les alcools ont un pouvoir



associant élevé alors que les aldéhydes aliphatiques s'associent nettement moins à l'orthochlorophénol; il n'en est pas de même des aldéhydes aromatiques.

c. Alors que les nitrates s'associent peu au groupement oxhydrile, les nitrites ont un fort pouvoir associant.

II. Étant donné que la bande OH de l'orthochlorophénol est très intense pour la solution dans l'hexane et d'intensité sensiblement nulle dans l'acétone, *on pourra doser, par exemple, la quantité d'acétone contenue dans un mélange acétone-hexane :* on fera une solution à 20 % d'orthochlorophénol dans le mélange binaire à doser et l'on déterminera l'intensité de la bande de $0^{\mu},99$ du mélange ternaire. A titre d'exemple, la figure ci-dessus montre le spectre vers $0^{\mu},99$ de solutions à 80 % dans l'orthochlorophénol de mélanges à 0, 5, 10, 20, 40, 80 et 100 % d'acétone dans l'hexane. Par interpolation, on peut doser l'acétone à quelques % près.

La méthode peut évidemment être généralisée à d'autres mélanges binaires : on peut doser, par exemple, d'autres cétones, les éthers ou les alcools etc. dans des solvants tels que l'hexane, le tétrachlorure de carbone ou le benzène etc., et, d'une façon générale, les composés oxygénés (ou azotés) dans les solvants désassociants.

En résumé, la méthode à l'orthochlorophénol permet de déterminer le « pouvoir associant » de divers composés organiques et, d'autre part, constitue un procédé de dosage chimique rapide et assez général.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des complexes d'iodures de plomb et de sodium.* Note [1] de M. **Louis Roger**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nos études antérieures [2] sur un complexe d'iodures de plomb et de lithium avaient abouti à l'isolement du composé $I^2PbILi, 4H^2O$, alors que Mosnier [3] avait indiqué la formule $I^2Pb2ILi, 4H^2O$ et Bogorodsky [4] la formule $I^2PbILi, 5H^2O$.

Différents auteurs ont signalé l'existence de plusieurs composés d'iodures de plomb et de sodium : Poggiale [5], $I^2Pb4INa$; Mosnier [6], $I^2Pb2INa, 4H^2O$ et $I^2Pb2INa, 6H^2O$; Ditte [7] indique *combinaison à*

---

[1] Séance du 21 octobre 1940.

[2] Mme N. Demassieux et M. Louis Roger, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1818; Louis Roger, *ibid.*, 206, 1938, p. 1181.

[3] *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 12, 1897, p. 374.

[4] *J. Soc. Chim. Russe*, 26, 1894, p. 216.

[5] *Pogg. Ann.*, 62, 1844, p. 252.

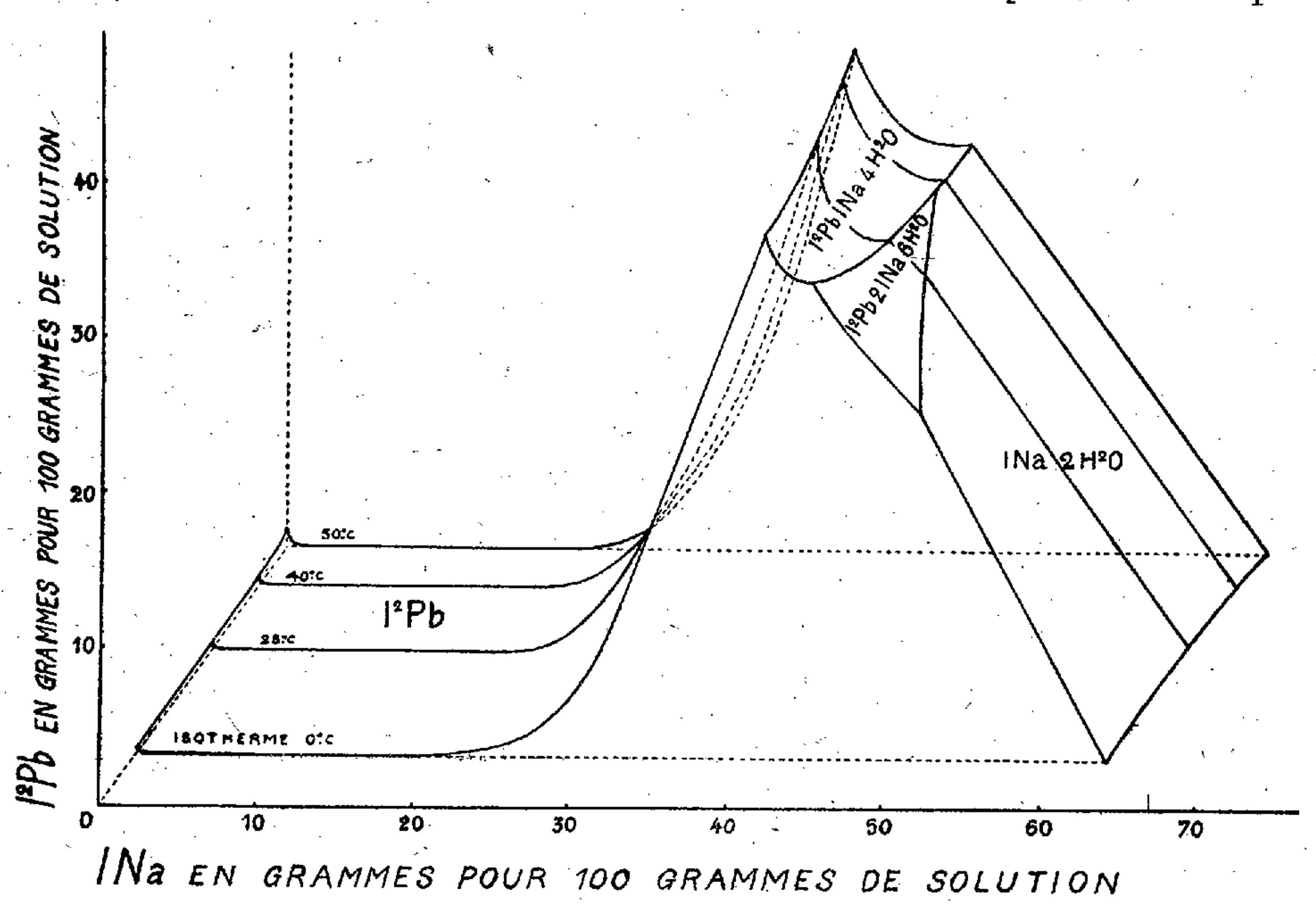
[6] *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 12, 1897, p. 389

[7] *Comptes rendus*, 92, 1881, p. 1341.

équivalents égaux sans préciser la formule; Poggiale [8], Herty [9], I^2PbINa.

J'ai pensé qu'il serait intéressant de reprendre la question de la même façon que pour le sel de lithium, en appliquant la méthode des équilibres à différentes températures. J'ai étudié les isothermes de 0°, 25°, 40° et 50° C. Celles de 0° et 25° C. se composent de quatre branches; les phases solides en équilibre sont I^2Pb pour la première branche, $I^2PbINa, 4H^2O$ pour la deuxième, $I^2Pb2INa, 6H^2O$ pour la troisième et $INa, 2H^2O$ pour la quatrième.

Pour de faibles concentrations en INa, la solubilité de l'iodure de plomb passe par un minimum presque nul, puis croît très rapidement avec la concentration en INa. Le domaine d'existence du premier complexe



augmente quand la température croît; le domaine du second diminue quand la température croît et ce composé disparaît vers 38°C.

Les isothermes de 40° et de 50°C. ne se composent plus que de trois branches, auxquelles correspondent respectivement comme phases solides en équilibre I^2Pb — $I^2PbINa, 4H^2O$ — $INa, 2H^2O$.

---

(8) *Comptes rendus*, **20**, 1845, p. 1180.

(9) *Ann. Chem. J.*, **14**, 1892, p. 107.

L'ensemble de ces équilibres est représenté dans l'espace par la figure ci-contre. Les teneurs en iodure de plomb et en iodure de sodium sont indiquées en grammes pour 100^g de solution.

Le complexe $I^2PbINa, 4H^2O$, de couleur jaune vif, se présente sous forme d'aiguilles extrêmement fines, très difficiles à séparer des eaux mères. L'eau le décompose, de même qu'une solution d'iodure de sodium de concentration inférieure à celle des eaux-mères. La lumière le décompose en surface en un composé verdâtre; ce fait avait déjà été signalé par Mosnier ([6]).

Le deuxième complexe, $I^2Pb2INa, 6H^2O$, se dépose en cristaux jaune pâle, assez gros pour permettre une analyse directe après séparation des eaux-mères. Il se décompose comme le précédent par dilution des solutions.

J'ai déterminé également la réfraction spécifique $[(n^2-1)/(n^2+2)]\,1/d$ des solutions saturées. En portant en abscisse la quantité de plomb dans 100^g de solution et en ordonnée la valeur de la réfraction spécifique de la solution, on observe que la valeur de la réfraction spécifique est constante tout le long de la courbe de solubilité de $I^2Pb2INa6H^2O$ dans l'iodure de sodium.

En résumé, l'étude de l'équilibre entre 0° et 50°C. des solutions saturées d'iodure de plomb et d'iodure de sodium a révélé l'existence dans les phases solides de deux complexes

$$I^2PbINa4H^2O \quad \text{et} \quad I^2Pb2INa6H^2O.$$

CÉRAMIQUE. — *Sur les rapports de la structure des pâtes et des couvertes avec leur aspect décoratif.* Note ([1]) de M. **René Lecuir.**

J'ai précédemment exposé ([2]) comment l'accord des pâtes et des couvertes céramiques était d'autant plus aisément réalisé que les structures relatives de ces deux constituants étaient plus voisines, et, d'autre part ([3]), comment les céramistes d'Extrême-Orient avaient ainsi été conduits à superposer sur la pâte deux couches vitrifiées, dont l'hétérogénéité décroît vers l'extérieur; j'ai constaté que les caractères optiques résultant d'une

---

([1]) Séance du 28 octobre 1940.
([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 207.
([3]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 328.

telle structure sont communs à des fabrications célèbres, alors que les matières premières qu'elles utilisent sont extrêmement différentes.

Le Chatelier ([4]) avait signalé que les potiers de l'ancienne Égypte, en raison de la porosité de leur terre siliceuse, ont interposé, entre cette dernière et la glaçure, un mélange de verre bleu avec la pâte elle-même; en faisant une coupe dans une faïence siliceuse persane (approximativement du XIII^e^ siècle), j'ai constaté une structure analogue, qui peut résulter d'une technique identique à celle des Égyptiens ou d'une attaque profonde de la pâte par l'émail.

Il est curieux de noter l'application d'un engobe très siliceux sur des argiles, dont la plasticité est sans doute plus élevée que celle des pâtes siliceuses, afin d'assurer l'accord de la pâte et de la couverte; les carreaux de revêtement de la Perse ou de l'Asie Mineure, les faïences de l'Anatolie présentent ainsi, en raison de la grosseur du grain de silice et de son attaque par l'émail, une structure voisine de celle des fabrications précédentes; Deck ([5]) attribue à tort à cet engobe un rôle purement décoratif, pour son fond blanc; par contre, dans les pièces argileuses connues sous le nom de *guébri*, dans les fabrications probablement d'origine byzantine ou égyptienne (XII^e^ siècle), l'émail tressaillé ainsi que les incisions faites dans l'engobe prouvent son rôle alors purement décoratif; le défaut de la tressaillure s'aggrave dans les pièces persanes siliceuses de la décadence, qui coïncide avec la disparition de l'engobe.

L'introduction d'oxyde d'étain dans l'émail a eu pour conséquence de faciliter l'accord des émaux plombifères, ainsi rendus hétérogènes, avec les argiles communes plus ou moins additionnées de sable et de calcaire, et aussi de former un fond blanc susceptible de fixer les décors à base d'oxydes métalliques. L'utilisation de la calcine (mélange des oxydes de plomb et d'étain obtenu à partir des deux métaux fondus) apporte un fondant par l'oxyde de plomb; aussi l'aspect de l'émail est-il variable suivant le rapport stœchiométrique de ces deux éléments avec la composition qui leur sert de support, que celle-ci soit engobe ou couverte. Ainsi, l'émail employé en décoration architecturale par les Della Robia, plus riche en étain, rappelle l'aspect du ripolin; celui des faïences de Rouen est plutôt mat; celui de la fabrique de Moustiers est laiteux; dans certaines pièces de Nevers et surtout dans les produits hollandais de Delft, les faïenciers, pour imiter la

([4]) *Comptes rendus*, 129, 1899, p. 477.
([5]) *La Faïence*, p. 245-259.

matière translucide de la porcelaine, alors importée d'Extrême-Orient, ont superposé une couverte transparente au premier émail opacifié par l'oxyde d'étain; la lumière, après avoir rencontré la surface glacée, pénètre alors dans l'épaisseur de l'émail, un peu comme elle le fait dans la pâte translucide de la porcelaine. J'ai déjà exposé que les potiers d'Extrême-Orient, travaillant sur une terre opaque, avaient eu recours à un procédé de ce genre pour produire des grès assimilés aux porcelaines dans les ouvrages chinois anciens ([6]).

La porcelaine elle-même se présente alors comme un cas particulier, où la translucidité de la pâte se substitue à la superposition de couvertes de structures différentes sur une terre opaque, le résultat obtenu étant d'autant plus heureux que la translucidité de la pâte est plus grande.

J'ai observé enfin que certaines porcelaines de l'époque Kang'hi (XVII^e siècle) étaient recouvertes d'un émail légèrement opacifié, laissant à la translucidité de la pâte toute sa valeur, pour accroître encore cet effet de perspective que les amateurs désignent sous le nom de *profondeur*. Sicaire Cirou, dans la fabrication de la pâte tendre de Chantilly, a posé sur cette pâte translucide légèrement citron un émail stannifère, qui, bien loin de déprécier ses produits, lui a fourni une matière comparable à la sardonyx orientale.

Dans toutes ces fabrications les structures relatives de la pâte et de l'émail, tout en gardant à la surface de l'objet un poli suffisant, sont telles, qu'il n'existe pas, entre la surface de l'émail et la pâte elle-même, de solution visible de continuité. Par contre, ce caractère est absent dans certaines fabrications modernes, qui, dans une recherche d'effets plus faciles, ne présentent plus alors une *profondeur* comparable à celle des fabrications anciennes.

Il semble que l'on puisse conclure que le succès des pièces anciennes et la recherche dont elles sont encore l'objet tiennent pour une grande part à ce que l'unité céramique, réalisée par l'accord de la pâte et de la couverte, coïncide, par une circonstance heureuse, avec la continuité optique de l'objet.

([6]) *Histoire et fabrication de la porcelaine chinoise*, traduit du chinois par S. Julien, Paris, 1856.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pyrolyse de l'undécane en présence et en l'absence de catalyseur alumine.* Note [1] de MM. **Henry Gault** et **Pao Ting Hsu**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le cadre des recherches entreprises par l'un de nous [2] sur la décomposition pyrogénée des hydrocarbures purs, nous avons étudié la pyrolyse, en présence et en l'absence de catalyseur, de l'*undécane* préparé par décomposition thermique du *dodécanol* en présence de nickel Raney et sous pression [3].

L'undécane pur (E_{15} 81°-81°,5) ainsi obtenu est introduit par un dispositif à gouttes dans un tube de quartz à chauffage électrique externe chargé ou non de catalyseur.

Nous avons fait nos expériences aux températures de 450°, 550°, 650°, 750° et 850° sans catalyseur, et aux températures de 450°, 550°, 650° et 750° en présence d'alumine activée [4].

Les produits de la pyrolyse, constitués en général par deux fractions gazeuse et liquide, sont recueillis et analysés. Les résultats sont rassemblés dans les tableaux I et II ci-après.

1. *Fraction gazeuse.* — On voit, d'après ces résultats, que le volume total des gaz produits dans les deux cas croît avec la température, principalement pour l'hydrogène et le méthane qui sont les deux gaz prépondérants de la pyrolyse. La proportion d'éthylène, qui est également un élément essentiel des gaz, passe par un maximum à 650° en présence d'alumine. Cette diminution de volume total d'éthylène au-dessus de 650° peut être atribuée à la décomposition de ce gaz sous l'influence du catalyseur, cette dissociation tendant à accroître la proportion de l'hydrogène et du méthane.

Nous avons pu calculer que 100 molécules d'undécane pyrolysé en présence d'alumine fournit environ 200 molécules de produits pyrolysés

---

(1) Séance du 28 octobre 1940.

(2) H. Gault et collaborateurs, *Bull. Soc. Chim.*, 35, 1924, p. 318; 36, 1924, p. 1455; 37, 1925, p. 1131; 39, 1926, p. 362 et 363; *Ann. Comb. liq.*, 2, 1927 p. 309; 3, 1928, p. 219.

(3) H. Gault, L. Palfray et P. T. Hsu, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 999.

(4) Nous avons utilisé l'alumine activée de la Société des Électrodes de Haute-Savoie.

à 550°, et 585 molécules à 750°. En l'absence de catalyseur, la proportion est respectivement d'environ 105 et 330 molécules. Le catalyseur alumine favorise donc très nettement la gazéification de l'undécane.

TABLEAU I.

Expérience.		Pour 100 cm³ d'undécane craqués.		Analyse du liquide.				
Catalyseur.	Temp. en °C.	Gaz en litre.	Liquide en gr.	D_4^{20}.	n_D^{20}.	Indice d'iode.	Carb. oléfin.	Carb. aromat.
Sans catalyseur .	450	0,1	70,3	0,7417	1,4175	5	4	0
	550	0,5	68,8	0,7412	1,4182	18	8,8	0
	650	9,5	57,5	0,7385	1,4183	41,2	12,1	2,1
	750	32	28,4	0,7531	1,4316	63,7	18,4	8
	850	48	20,8	0,8327	1,4829	82	32,7	20,8
Undécane pur...	–	–	74,0	0,7403	1,4175	0	0	0
Alumine activée.	450	0,2	70	0,7437	1,4226	34,5	7	9,6
	550	11	48,5	0,7496	1,4300	49	18	12
	650	47	10,1	0,7578	1,4445	128	38,8	19,2
	750	62	2,5	–	1,4968	45,7	–	–

TABLEAU II.

Expérience.		Analyse des gaz.					
Catalyseur.	Température en °C.	H^2.	CH^4.	C^2H^2.	C^2H^4.	Ethyl. sup.	Sat. sup.
		Volume %.					
Sans catalyseur	450	0	0	0	0	45	55
	550	0	0	0	20	32	48
	650	4,4	26,1	0	17,3	29,5	22,7
	750	4,6	28,9	Traces.	33,0	22,1	10,5
	850	8,6	37,5	0,2	31,4	13,2	12,1
Alumine activée.....	450	42,5	22,5	0	11	8	26
	550	33,5	14,9	0	10,2	13,9	27,5
	650	41,6	22,7	0	10,1	10,2	15,4
	750	52,6	29,3	0	4	6,2	8
		Volume en litres.					
Sans catalyseur	450	0	0	0	0	0,043	0,055
	550	0	0	0	0,100	0,160	0,240
	650	0,418	2,480	0	1,443	2,802	2,157
	750	1,472	9,248	0	10,848	5,072	3,216
	850	4,128	16,560	0,086	15,072	6,331	2,803
Alumine activée.....	450	0,085	0,025	0	0,022	0,016	0,052
	550	3,685	1,639	0	1,129	1,529	3,025
	650	19,552	10,669	0	4,747	4,794	7,238
	750	32,24	18,166	0	2,666	3,844	5,084

2. *Fraction liquide.* — L'analyse du liquide montre que le pourcent en hydrocarbures non saturés qui se forment (oléfiniques et aromatiques) s'élève lorsque la température augmente. Mais, en présence de catalyseur, la quantité totale de ces carbures non saturés est abaissée par suite de leur décomposition à haute température.

Certaines des courbes de distillation des liquides présentent deux paliers correspondant aux hydrocarbures en C^7 et C^9. Ceci nous amène à penser que la rupture de la chaîne carbonée s'effectue, de préférence, par scission de chaînons à nombre pair d'atomes de carbone. L'undécane, carbure en C^{11}, perd ainsi C^2 et C^4 en donnant naissance aux carbures en C^9 et C^7 qui constituent les composés principaux caractérisés dans les fractions liquides.

Nos résultats s'accordent, dans leur ensemble, avec la théorie des radicaux libres de Rice, qui, s'appuyant sur les nombreuses recherches effectuées ces dernières années aux États-Unis, explique que la pyrolyse d'un hydrocarbure résulte de réactions dites *primaires*, *secondaires* et *en chaînes*. Ce sont les réactions en chaînes seules qui déterminent la formation des produits finaux. Il ne nous est cependant pas possible de calculer, selon cette théorie, les proportions des produits obtenus, parce que l'undécane contient un nombre d'atomes de carbone trop élevé. Elle explique toutefois la forte teneur des gaz produits en hydrogène, méthane et éthylène.

L'élévation de la température en l'absence de catalyseur favorise normalement, en même temps que les dépôts de carbone, les phénomènes de polymérisation et de résinification, par suite de la formation de carbures non saturés.

L'alumine, jouant le rôle d'un catalyseur de surface, facilite la décomposition du carbure, mais n'augmente cependant pas la formation des goudrons et du dépôt de carbone. L'alumine se révèle donc, dans ce cas, comme un catalyseur intéressant, bien qu'à *haute température* (c'est-à-dire au-dessus de 650°), elle diminue la quantité totale des carbures éthyléniques produits.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode d'identification des nitriles par hydrolyse au moyen de la potasse diéthylglycolique ou glycérolique.* Note de MM. **Santiago Rovira** et **Léon Palfray**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'identification des nitriles se fait généralement sous forme de l'acide résultant de leur hydrolyse, à chaud, par la potasse alcoolique (¹). On emploie aussi les acides minéraux, mais alors l'hydrolyse s'arrête parfois au terme amide.

La durée de chauffage doit être très longue et le rendement est généralement faible. Becker (²) a noté que pour passer du cyanure de cétyle à l'acide margarique, un chauffage de trois jours était nécessaire.

L'emploi de la potasse en solution dans le diéthylèneglycol (Éb. 244°) nous ayant déjà donné d'excellents résultats pour la saponification rapide des esters (³), et aussi pour celle des nitriles, nous avons pensé qu'on pourrait l'appliquer à la détermination qualitative de petites quantités de nitrile, par l'intermédiaire du point de fusion de l'acide, ou d'un dérivé cristallisé de ce dernier, s'il est liquide.

Mode opératoire. — Dans une fiole, introduire de 0,05 à $0^g,3$ du nitrile à saponifier (soit 5/1000 de molécule environ), 1 à 3^g de potasse en pastilles et 3 à 5^g de diéthylèneglycol, chauffer à l'ébullition de 1/2 à 1 heure, avec un simple tube droit comme réfrigérant. Le liquide noircit au début, mais au bout de quelque temps il n'est plus que très légèrement coloré. Laisser refroidir, ajouter une petite quantité d'eau, réchauffer un peu s'il en est besoin pour rendre le liquide homogène, introduire dans une ampoule à décanter et extraire deux ou trois fois à l'éther, pour éliminer ce qui n'aurait pas été saponifié. Acidifier, par ClH étendu, la portion aqueuse, l'extraire à l'éther, laver à l'eau cette solution éthérée, sécher sur SO^4Na^2, filtrer, chasser l'éther : l'acide cristallise. Prendre son point de fusion et contrôler par fusion mélangée avec un échantillon d'acide pur.

Les nitriles à poids moléculaire faible ont un point d'ébullition peu élevé, les acides correspondants sont liquides. On devra alors opérer sur une quantité plus grande, de façon à pouvoir distiller l'acide et prendre son point d'ébullition. Pour les tout premiers termes, il faudra, en outre, tenir compte de la solubilité dans l'eau.

(¹) La saponification des nitriles représente pour les acides la synthèse la plus importante [Th. Weyl, *Les méthodes de la Chimie organique* (trad. R. Cornubert), Paris, 3, 1919, p. 716].

(²) *Ann. der Chemie*, **102**, 1857, p. 209.

(³) C. E. Redemanh et H. J. Lucas, *Ind. Eng. Chim., Anal. Edi.*, 9, 1937, p. 521.

La méthode est applicable telle quelle aux amides, mais ceux-ci sont déjà caractérisés par des points de fusion généralement élevés et bien nets.

Au contraire, cette méthode peut rendre de grands services dans le cas des mélanges. On commence par saponifier, par la potasse alcoolique, une prise d'essai. Les acides libres, ceux qui proviennent d'esters facilement saponifiables, les phénols, restent, après extraction à l'éther, dans la portion aqueuse. L'éther étant chassé, on a un résidu qui est soumis au traitement décrit ci-dessus.

Dans la plupart des cas que nous avons traités, le rendement en acide a été presque quantitatif. Il en résulte une application tout indiquée à la préparation même des acides; nous avons obtenu des acides à point de fusion correct à partir de nitriles variés, tels que les nitriles tridécylique, benzoïque, phénylacétique, phénylpropionique (*n*), p. toluique et isopropylphénylacétique.

Nous avons également cherché à appliquer notre méthode à l'analyse de certaines huiles essentielles. Dans un travail sur l'essence concrète de Karo-Karoundé, Sabetay, Palfray et Trabaud ([4]) ont démontré qu'elle contenait du cyanure de benzyle. La partie entraînable sous vide ayant été fractionnée, dans la fraction E_{14} 100-108° ils ont caractérisé le cyanure de benzyle sous forme d'acide phénylacétique; une prise de 6 gouttes de l'entraînable, même non fractionné, nous a suffi pour obtenir l'acide phénylacétique, l'isoler et prendre son point de fusion.

Enfin nous avons voulu faire l'épreuve de notre méthode à l'égard de nitriles qu'on n'avait pas encore réussi à saponifier. P. Jullien ([5]) a préparé récemment quelques nouveaux dérivés désubstitués du cyanure de benzyle de forme générale $C^6H^5—C(R)^2—CN$. Il leur a appliqué les méthodes courantes d'hydrolyse, sans résultat positif, et n'a pu obtenir les acides correspondants.

Nous avons donc préparé un dérivé mono et un dérivé désubstitué du cyanure de benzyle, à savoir : les cyanures de mono et de dibutylbenzyle.

Nous avons d'abord traité, par la potasse diéthylène glycolique, le dérivé dibutylé, qui devait être particulièrement résistant, d'après Jullien. A vrai dire, l'hydrolyse a été incomplète. Cependant nous avons obtenu et isolé l'acide correspondant. Recristallisé par l'alcool méthylique étendu,

---

([4]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 540.
([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 1252.

il fond à 89°. L'indice d'acide théorique serait 225,8. En fait, nous avons trouvé 229,3, nombre qui ne diffère du précédent qu'à la goutte près, pour une solution de potasse alcoolique N/2. Dans l'espoir d'améliorer les résultats, nous avons eu recours à la potasse glycérolique ([6]) qui permet d'élever la température de réaction au voisinage de 300°.

En outre, nous avons voulu hydrolyser, de la même manière, les trois nitriles correspondants : cyanure de benzyle, cyanure de monobutylbenzyle et cyanure de dibutylbenzyle.

Le tableau ci-dessous représente la marche de l'hydrolyse mesurée d'après l'ammoniac dégagé en fonction du temps. On a ainsi la cinétique comparative de la réaction. Naturellement ces opérations ont été faites dans un ballon en cuivre, le verre étant trop attaquable dans ces conditions. Les acides ont été isolés ensuite par un traitement approprié.

		N %						
		trouvé (temps en minutes).						calculé.
Nitrile.	Pesée.	7.	15.	30.	60.	120.	240.	
$C^6H^5{-}CH^2{-}CN$.........	0,1440	0,99	6,06	10,47	11,66	–	–	11,96
$C^6H^5{-}CH(C^4H^9)CN$.....	0,1779	0,44	1,51	3,12	4,81	5,98	6,87	8,09
$C^6H^5{-}C(C^4H^9)^2CN$......	0,2136	–	–	0,15	0,29	0,44	0,66	6,11

Comme on le voit, la vitesse d'hydrolyse dépend étroitement de la structure du nitrile.

Avec le cyanure de benzyle l'hydrolyse est très rapide, au bout d'une heure seulement le dégagement d'ammoniac est terminé. La limite atteinte est de 97,5 %.

Avec le dérivé monobutylé la vitesse est moindre et, même au bout de quatre heures, la limite atteinte ne dépasse pas 85 %.

Enfin, avec le dérivé dibutylé, où il est permis de voir l'influence de l'empêchement stérique, l'hydrolyse est très lente et, au bout de quatre heures, elle ne représente que 10 % de la théorie. Ce qui n'empêche pas d'ailleurs d'isoler l'acide formé et de le caractériser.

En résumé, l'emploi de la potasse diéthylène glycolique ou glycérolique constitue, pour la recherche et le dosage des nitriles et la préparation des acides par cette voie, un moyen plus puissant et plus commode que ceux qu'on a employés jusqu'ici.

([6]) L. Palfray, S. Sabetay et S. Rovira, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 483; S. Rovira, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 754.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de préparation d'indolénines par cyclisation d'α-anilino-cétones*. Note (¹) de Mlle **Marguerite Garry**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que les α-anilino-cétones de formule (I) sont aisément cyclisées en indols lorsqu'on les chauffe à 160°-170° avec l'aniline, en présence de chlorure de zinc ou de chlorhydrate d'aniline (²), (³). Il était intéressant d'étudier comparativement l'aptitude à la cyclisation que pouvaient posséder les α-anilino-cétones de type (II)

$$\underset{\text{(I).}}{C^6H^5\text{—CO—}\underset{\displaystyle |\atop \displaystyle NHC^6H^5}{CHR}} \qquad \underset{\text{(II).}}{R^1\text{—CO—}\underset{\displaystyle |\atop \displaystyle NHC^6H^5}{C}\langle{}^{R^1}_{R^2}}$$

dont j'ai indiqué antérieurement la préparation, en collaboration avec Mlle Montagne (⁴).

La formation de l'indol se poursuit d'après Bischler (²) suivant le schéma qui part de la forme tautomère (I *bis*)

$$\underset{(I\ bis).}{C^6H^5NH^2 + HO\text{—}C(C^6H^5)\text{=}C(R)\text{—}NHC^6H^5} \xrightarrow[-H^2O]{} C^6H^4(NH\text{—}C(C^6H^5)\text{=}C(R)\text{—}NHC^6H^5) \xrightarrow[-NH^2C^6H^5]{} C^6H^4\langle{}^{C.R}_{NH}\rangle CC^6H^5$$

Grâce à la présence d'un hydrogène mobile sur le carbone lié à l'azote, l'aniline ajoutée réagit avec le carbonyle et fournit le cycle hexagonal de l'indol; par contre le reste aniline qui existait préalablement dans l'anilino-cétone (I) est éliminé. J'ai constaté que, dans les mêmes conditions, les anilino-cétones de formule (II) dans lesquelles $R^1 = CH^3$; $R^2 = CH^3$, C^2H^5, nC^4H^9 sont facilement cyclisées, non pas en indols, mais en indo-

(¹) Séance du 28 octobre 1940.

(²) *Ber. d. Chem. Ges.*, **25**, 1892, p. 2860.

(³) Japp et Murray, *Ber. d. Chem. Ges.*, **26**, 1893, p. 2639.

(⁴) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1660; **208**, 1939, p. 1735.

lénines de formule générale (III).

(III). (IV). (V).

En cyclisant l'α-anilino-méthyldésoxybenzoïne [formule (II), $R_1 = C^6H^5$, $R_2 = CH^3$] j'ai obtenu, suivant les circonstances, deux produits différents, dont la composition centésimale répond à celle de deux indolénines isomères de formule (IV) et (V); c'est l'indolénine (V) qui a été isolée dans la plupart des essais. Ces indolénines se comportent de façon tout à fait différente vis-à-vis de l'anhydride acétique et de l'iodure de méthyle. Seule l'indolénine (V) donne un dérivé acétylé, ce qui montre, d'après Leuchs ([5]), la présence dans ce corps d'un radical CH^3 en position 2. Chacune des deux indolénines donne un iodométhylate; mais seul l'iodométhylate de l'indolénine (V) perd une molécule d'acide iodhydrique, par traitement à la potasse, en donnant naissance à la méthyl-1 diphényl-3.3 méthylène-2 indoline.

Toutes ces cyclisations, lorsqu'elles sont effectuées en présence d'aniline et de chlorhydrate d'aniline, ou bien à partir du dérivé phényliminé de l'α-anilino-cétone, peuvent s'expliquer simplement par un schéma analogue à celui de Bischler. Mais une étude plus complète des conditions de la cyclisation a démontré l'insuffisance de ce schéma pour rendre compte des faits expérimentaux.

En effet, l'addition d'aniline au mélange anilino-cétone et chlorhydrate d'aniline n'est nullement nécessaire, et il suffit d'une très petite quantité de chlorhydrate d'aniline ou de chlorure de zinc pour cycliser l'anilino-cétone chauffée (en l'absence d'aniline) à 140°. Enfin le chlorhydrate de l'α-anilino-méthyldésoxybenzoïne chauffé *seul* entre 130° et 180° donne naissance à l'indolénine V; l'iodométhylate de la méthyl-3 anilino-3 butanone-2 est cyclisé en iodométhylate de triméthyl-2.3.3 indolénine par simple ébullition au sein de l'alcool méthylique.

On peut interpréter tous ces faits si l'on admet que la perte d'eau, dans la molécule de l'anilinocétone étudiée, s'effectue en même temps qu'une transposition du radical *le plus lourd* de la position 2 à la position 3; on

---

([5]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 62, 1929, p. 871.

aura, par exemple,

$C_6H_5-NH-C(CH^3)(C^4H^9)-C(=O)-CH^3 \rightarrow$ [H / NH / O=C(CH³) / C–C⁴H⁹ / CH³] $\rightarrow$ [indolénine : C(CH³)(C⁴H⁹), C–CH³, N] $+ H^2O$

De telles migrations de radicaux ont été fréquemment signalées par les auteurs (⁶), (⁷), (⁸) qui ont préparé les indolénines, et Plancher (⁷) a mis en évidence la tendance que possèdent les radicaux les plus lourds à passer de la position 2 à la position 3, qui est la plus stable, phénomène que nous retrouvons ici.

J'ai préparé, outre les indolénines déjà connues, les composés suivants :

Diméthyl-2.3-butyl-3 indolénine $C^{14}H^{19}N$ (III), $R^1 = CH^3$; $R^2 = C^4H^9$, Eb_{17} 142-143°; picrate, F. 137°; iodométhylate, F. 211°.

Méthyl-3 diphényl-2.3 indolénine $C^{21}H^{17}N$ (IV), F. 108°; picrate, F. 162°; iodométhylate, F. 188° (déc.).

Méthyl-2 diphényl-3.3 indolénine $C^{21}H^{17}N$ (V), F. 145°; picrate, F. 210° (déc.); iodométhylate, F. 230° (déc.); dérivé acetylé, F. 137°.

Méthyl-1 diphényl-3.3 méthylène-2 indoline $C^{22}H^{19}N$, F. 101°; picrate, F. 178° (déc.).

PÉDOLOGIE. — *Sur l'existence d'un paléo-sol quaternaire dans le Bas-Languedoc et sur les sols volcaniques de cette region.* Note de M. **Henri Erhart**.

Dans certaines carrières ouvertes dans le petit massif volcanique qui est situé entre Bessan et Saint-Thibéry, on peut observer, sous la coulée de basalte, un sol enterré formé aux dépens des vieilles alluvions de l'Hérault.

A l'est du massif (carrière Gleize), ce paléo-sol a l'aspect d'un limon brun foncé, d'environ 1ᵐ d'épaisseur, contenant des Gastéropodes du genre Helix. Le caractère d'ancien sol de végétation est affirmé par la nature humifère du matériau, ainsi que par la présence de grandes poupées calcaires que l'on trouve à la base du sol, comme résultat d'une décalcification totale de l'alluvion primitive. Le sol enterré ne contient aucun élément volcanique. Il est séparé du basalte par une couche peu épaisse

(⁶) Fischer, *Ber. d. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 1811.
(⁷) Plancher, *Gazz. Chim. It.*, 28, II, 1898, p. 333.
(⁸) Herbert, *J. Chem. Soc. Lond.*, 1932, p. 321.

(environ 20cm) de cinérite. La coulée de basalte, épaisse de 8 à 10 mètres, est remarquablement fraîche sur toute sa hauteur. Elle forme à son toit une surface unie sur laquelle repose un sol gris-noir, très humifère, d'environ 50cm d'épaisseur, qui constitue le sol de végétation actuel.

Le paléo-sol que l'on observe à la base des basaltes constitue un repère stratigraphique très net et très précieux. On le retrouve, avec ses traits caractéristiques et ses poupées de décalcification, tout le long des falaises qui entourent l'étang de Thau. Cependant, à ces endroits situés au delà du front de la coulée, où le recouvrement volcanique est remplacé par des alluvions calcaires de matériaux miocènes et pliocènes remaniés, le paléo-sol est redevenu calcaire par infiltration.

Il y a de fortes raisons de croire que la coulée basaltique est, à peu de chose près, contemporaine du sol qu'elle a enterré. En effet le profil de ce dernier, observé dans la carrière Gleize, ne montre qu'une érosion partielle. Dans d'autres carrières, situées au nord-ouest de Saint-Thibéry (carrière Mazza), le paléo-sol fait complètement défaut. Nous voyons là la coulée basaltique précédée de plusieurs mètres de cendres volcaniques, lesquelles sont, à leur base, mélangées et interstratifiées avec des galets de quartz et des matériaux calcaires, prouvant que cet endroit était encore en voie d'alluvionnement lorsque se produisirent les éruptions volcaniques.

Étant donné la position de l'ancienne surface d'alluvions, dont l'altitude se situe entre 10m et 15m dans les environs de Saint-Thibéry, on est conduit à assigner aux manifestations volcaniques de cette région un âge relativement récent que nous estimons devoir correspondre au Quaternaire moyen.

Cet âge récent est corroboré par l'altération insignifiante des laves qui est une caractéristique de tous les basaltes du Bas-Languedoc. Dans le Massif de Saint-Thibéry, comme dans celui d'Agde, seuls les éléments ferro-magnésiens ont subi une certaine altération qui est insuffisante pour désagréger la roche. Les plagioclases restent toujours complètement intacts. Ce n'est que dans les tufs et cendres qui recouvrent les coulées au voisinage des centres d'émission que l'altération est plus accusée par suite du passage facile des eaux atmosphériques.

Aux extrémités des coulées qui ne sont pas recouvertes d'éléments volcaniques meubles, les basaltes sont surmontés, comme il a été dit plus haut, par des sols uniformément gris-noir, très humifères, ne présentant pas de différenciation morphologique. L'intérêt principal de ces sols est qu'ils ne montrent aucune liaison avec le basalte sous-jacent et ne résultent pas de son

altération. Ils sont formés, en plus grande partie, par du sable quartzeux très fin, englobant parfois des grains plus ou moins grossiers d'éléments volcaniques roulés. Il s'agit d'un sédiment fluvial, en partie également éolien, d'origine lointaine.

L'absence d'horizons distincts donne aux sols en question un aspect de sol de steppe. Cependant ce caractère ne doit pas nécessairement être mis en rapport avec les conditions climatiques qui ont pu régner dans la seconde partie du Quaternaire, mais aussi avec le fait d'une aridité accusée du sol, consécutive à la nature de ses matériaux ainsi qu'à leur position topographique sur un sous-sol rocheux dont le plan incliné draine intégralement les eaux atmosphériques. Ce sont des sols pauvres et secs qui ne peuvent supporter qu'une végétation de graminées xérophiles.

Des sols volcaniques très différents de ceux d'Agde et de Saint-Thibéry se rencontrent dans les deux petits pointements volcaniques qui se trouvent à Montferrier et à Grabels, au nord de Montpellier. Les tufs qui recouvrent les dykes basaltiques sont, en général, constitués par un mélange d'éléments volcaniques avec des matériaux calcaires provenant de la couverture sédimentaire (calcaire lutétien, grès et marnes bartoniens) que la lave a traversée et soulevée. Ils renferment fréquemment un élément de néoformation, la mésotype. La présence de ce minéral, à côté des éléments marneux, confère aux sols qui dérivent des tufs des propriétés physico-chimiques et culturales particulières.

GÉOLOGIE. — *Sur les phases d'orogénèse et de métamorphisme dans la Montagne Noire.* Note de M. **Bernard Gèze**, transmise par M. Charles Jacob.

On admet actuellement que dans la Montagne Noire se sont succédé des phases d'orogénèse antécambrienne, calédonienne, hercynienne, enfin de gauchissements tertiaires (1).

Au point de vue du métamorphisme, deux thèses principales se heurtent. Dans l'une [Albert Michel-Lévy, Thoral (1)], sans nier des venues de granites hercyniens, la masse métamorphique de l'axe Montagne Noire-Espinouze est antécambrienne; dans l'autre [Jung et Roques (2)], l'essen-

(1) Cf. Thoral, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 192, 38, 1935.
(2) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 197, 39, 1938, p. 130.

tiel du métamorphisme s'expliquerait par une migmatisation hercynienne montée plus ou moins haut dans la série primaire.

Les recherches de ces auteurs ont surtout été effectuées dans le N-E de la Montagne Noire; mes récentes observations dans le S-W, où les brouillages sont moins intenses, apportent quelques précisions et éclaircissements à ces problèmes.

Une coupe NW-SE, passant par Dourgne, Arfons, Lacombe et longue de 15^{km} environ, rencontre successivement :

un synclinal qui comprend toute la série cambrienne;

un anticlinal dont le flanc NW montre en continuité sous les calcaires géorgiens une série schisto-gréseuse qu'interrompent deux larges passées de mylonites d'arkoses et de galets, comparables à celles décrites autour du Mendic, à l'extrémité NE de la Montagne Noire, puis un axe micaschisteux. A quelques kilomètres au NE et au SW, la série se complète, par surélévations axiales, jusqu'à des gneiss œillés ou glanduleux, tandis qu'au droit de ces affleurements les barres mylonitiques diminuent d'importance et se fondent dans les schistes gréseux;

un synclinal où l'on retrouve toute la série cambrienne vers Arfons;

un anticlinal d'axe gneissique bien visible vers le SW mais qu'au droit de la coupe, une masse de granite voile ainsi que le début du synclinal suivant dont les calcaires minéralisés du flanc SE se découvrent cependant dans la forêt de la Loubatière. Néanmoins l'orientation du massif granitique est la même que celle des plis du Cambrien, et le synclinal d'Arfons, quoique légèrement métamorphisé par le granite, paraît moulé sur ses contours.

Toutes ces formations sont violemment déversées au NW vers le golfe tertiaire de Castres sur une profondeur d'environ 2^{km}, tandis qu'elles sont poussées vers le SE dans l'intérieur.

En prolongeant la coupe sur moins de 10^{km}, on trouverait après un nouvel anticlinal gneissique les plis et écailles cambriens et dévoniens du versant méridional.

Nous pouvons donc reconnaître l'existence :

de schistes cristallins, gneiss et micaschistes, antérieurs au Cambrien et sans doute déjà émergés ou voisins de la surface lors du dépôt des schistes gréseux et des poudingues mylonitisés de la base du Cambrien;

d'une granitisation postérieure à une phase de plissements lâches, puisque le granite a digéré indistinctement anticlinaux et synclinaux, mais sans doute antérieure à la fin de la phase maîtresse puisque les plis les plus intenses, quoique partiellement métamorphisés, paraissent se mouler contre le massif granitique. La deuxième phase semble bien correspondre aux plissements hercyniens antéstéphaniens et le granite serait alors syntectonique; quant à la première phase, on doit y voir soit

le début de ces mêmes plissements, soit plus probablement un témoignage des mouvements calédoniens déjà démontrés ([3]);

de déversements tertiaires assez violents, mais qui intéressent seulement une bande de quelques kilomètres dans le pays primaire.

J'ai pu généraliser ces idées par d'autres observations dans la Montagne Noire :

Le massif granitique du Sidobre a digéré des formations cambriennes plissées avant sa venue; par contre, une importante écaille, que l'on peut suivre au moins sur 20^{km}, vient se mouler contre sa bordure N-W. Deux autres petits massifs granitiques voisins de Brassac, ainsi d'ailleurs que le massif de la Devèze au NE de la Montagne Noire, occupent de même des situations privilégiées, en bordure d'autres écailles.

Dans les monts de Lacaune et le plateau de l'Agout, il est possible d'observer un certain ordre de successions dans les formations métamorphiques, et je crois que l'on peut y déceler une suite de plis lâches où les axes anticlinaux de gneiss antécambriens sont à peine voilés, tandis que les schistes gréseux géorgiens ont donné des gneiss gris très fins, les calcaires géorgiens des barres de diorites, de cornes vertes ou de cipolins et les schistes acadiens et potsdamiens assez argileux des schistes granitisés ou du granite franc.

En résumé, l'axe métamorphique de la Montagne Noire paraît comprendre à la fois des schistes cristallins antécambriens, des formations cambriennes et des granites hercyniens qui l'ont par place durci de telle sorte que les formations non métamorphiques périphériques sont venues se mouler sur lui de même que sur les massifs granitiques isolés comme le Sidobre.

Ailleurs, le passage bien observable des formations métamorphisées aux formations non métamorphiques permet de distinguer :

une phase orogénique antécambrienne, postérieure à des montées magmatiques et à la formation de schistes cristallins, suivie par un volcanisme subaérien (reconnu par MM. Michel-Lévy et Thoral);

une phase orogénique calédonienne, ayant provoqué des ondulations assez intenses avec venues rhyolitiques;

une phase orogénique hercynienne majeure antéstéphanienne, entraînant la formation de plis accusés et de nombreuses écailles, avec peut-être léger métamorphisme antétectonique, granitisation syntectonique, venues filoniennes post-tectoniques ou contemporaines de la phase hercynienne terminale (poststéphanienne);

une phase orogénique tertiaire, qui s'est traduite par des failles, des

---

([3]) Thoral et Gèze, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 891.

déversements sur l'avant-pays, des retouches aux plissements antérieurs, et suivie, ainsi qu'il est classique, par le volcanisme récent de l'Escandorgue-Montagne d'Agde.

GÉOCHIMIE. — *Sur la diffusion du molybdène dans la terre arable et dans l'eau de mer.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant toujours trouvé du molybdène dans les végétaux, en proportion pouvant atteindre jusqu'à $5^{mg},5$ par kilogramme sec (pour la partie aérienne entière) (1), j'ai voulu connaître la richesse des terres arables en molybdène. La littérature scientifique est très restreinte sur ce sujet.

En 1914, W. O. Robinson (2) n'a rencontré de molybdène parmi les terres qu'il a analysées que dans deux d'entre elles.

Dix-sept ans après, H. Ter Meulen (3), examinant 9 terres d'origines variées, dosa dans celles-ci de $0^{mg},001$ à $0^{mg},22$ de molybdène par kilogramme de terre calcinée. Il n'y en avait que $0^{mg},0005$ par kilogramme dans un échantillon de sable de rivière et pas du tout dans une marne du Limbourg. (Poids de l'échantillon : 1 à 2^{kg} et 40^{kg} pour le sable.)

Enfin Stanfield [*Ind. Eng. Chem. (Anal.)*, 7, p. 273], en 1935, a donné une teneur de 0,08 à 5^{mg} par kilogramme dans 6 échantillons divers qu'il analysa.

Il m'a semblé intéressant, dans ces conditions, de reprendre la question. J'ai vérifié que la méthode déjà utilisée pour les plantes (4) est de même valable pour les terres. Après avoir calciné l'échantillon à analyser à une température inférieure à 500°, on traite les cendres par l'acide chlorhydrique concentré; on évapore à sec; le résidu est repris par l'acide chlorhydrique dilué et l'on filtre. La portion insoluble est fondue avec 3 à 3,5 fois son poids de bicarbonate de sodium, la masse fondue est ensuite traitée par l'acide chlorhydrique comme il est indiqué ci-dessus. Le mélange des deux solutions acides est ajusté au pH 1,8, on ajoute un excès de cupferon; le précipité qui se forme est extrait par le chloroforme et le liquide chloro-

(1) D. Bertrand, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2024 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 22, 1940, p. 60.

(2) *U. S. Dépt. Agri. Bull.*, 122 (d'après *Chemical Abstracts*, 8, 1914, p. 3478).

(3) *Rec. des trav. chim. des Pays Bas*, 4e série, 50, 1931, p. 491.

(4) D. Bertrand, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 1676.

formique distillé à sec. L'extrait est minéralisé par chauffage avec un mélange d'acides sulfurique et nitrique. Après s'être débarrassé de l'excès de fer par précipitation ammoniacale, le molybdène est isolé par l'action de l'hydrogène sulfuré en milieu acide. Le métal est alors dosé colorimétriquement après transformation en sulfomolybdate de sodium.

Le poids des échantillons est d'environ 1^g de terre séchée à la température ordinaire; la méthode est en effet suffisamment sensible pour pouvoir encore déceler et doser $0^{mg},002$ de molybdène. L'échantillon analysé est pris dans un lot homogénéisé prélevé à partir de la surface jusqu'à la profondeur de 20^{cm}.

J'ai ainsi trouvé :

	Mg par Kg de terre.
Commune de Kerbenes (Finistère) (sur granulite)	4,3
Commune de Neuville (Calvados)	5,4
Commune d'Eu (Seine-Inférieure) (éboulis du Turonien)	6,5
Commune de la Puysaye (Yonne) (sable d'une aspergerie)	11
Limon du Nil (près du Caire)	12,1
Commune de Martinet (Vendée)	14,4
Institut Pasteur (Paris) (parcelle sans engrais depuis 1900)	14,5
Grignon (Seine-et-Oise) (parcelle sans engrais depuis 1875)	15,6
Binnitzne Laaland (Danemark)	17,8
Terre d'un verger de Martinet (Vendée)	17,9
Commune de Charbuy (Yonne) (sol d'une terre forte)	20
Fontainebleau (Seine-et-Marne) (terre de bruyère)	21
Pantchevo (Banat) (Serbie)	21,7
Commune de Genolhac (Gard) (granit désagrégé)	30,7
Commune de Martinet (Vendée) (jardin potager)	49,5
Station d'essai de Versailles (échantillon n° 1)	53
Aquapendento (Italie) (terre de la vallée)	53
Grignon (École d'Agriculture)	58,6
Limon du Niger (pris à Ségon)	60,6
Station d'essai de Versailles (échantillon n° 2)	69

Ces chiffres sont très supérieurs à ceux des auteurs cités plus haut; cela tient très vraisemblablement à ce qu'aucun de ceux-ci n'a fait d'attaque suffisante de la portion de terre calcinée insoluble dans l'acide chlorhydrique, portion dans laquelle, ainsi que je l'ai montré ([4]), reste la majeure partie du molybdène, qui est toujours très importante pour les terres.

Le molybdène existant dans les Algues ([1]), j'ai recherché aussi ce métal dans l'eau de mer. La quantité de molybdène présente dans un litre d'eau de l'Atlantique a été trop faible pour pouvoir être dosée, mais la présence

de ce métal a pu être confirmée par la spectrographie des sulfures précipités de l'eau de mer en milieu acide par l'hydrogène sulfuré. Ce résultat est en accord avec celui de Bardet, Tchikirian et M. R. Legrand [5]. En outre j'ai trouvé $14^{mg},5$ de molybdène par kilogramme sec d'une vase de claire de la Tremblade, analysée suivant la même méthode que la terre.

La variété de la nature des sols et la diversité des lieux d'où proviennent les 20 échantillons de terre analysés, échantillons dans lesquels j'ai trouvé de 4,3 à 69^{mg} de molybdène par kilogramme, permet de penser que ce métal est universellement répandu dans les sols; il se trouve aussi dans l'eau de mer de l'Atlantique et dans une vase de claire (seul échantillon de cette nature que j'ai analysé).

HYDROLOGIE. — *Les pentes du Niger entre Koulikoro et Sama.* Note [1] de M. **Vladimir Frolow.**

Les pentes superficielles du Niger entre les échelles Koulikoro, Ségou, Kirango et Sama ont été calculées jour par jour entre le 1er janvier 1932 et le 1er juin 1939, en adoptant pour l'altitude du zéro des échelles les cotes données par l'Office du Niger, soit : 307,32 pour Koulikoro; 297,37 pour Ségou; 293,86 pour Kirango et 288,00 pour Sama. Le report sur un graphique montre que, pour chacun des trois tronçons du fleuve, la marche de la pente est restée identique pendant la durée des observations utilisées. La figure ci-contre se rapporte à 1935; elle représente les pentes et le mouvement du niveau à Koulikoro.

On y distingue que la pente a des variations de courte durée, dues à l'arrivée des crues secondaires, visibles sur la courbe des niveaux à Koulikoro. Ces variations résultent du fait que la transmission des niveaux le long du fleuve demande un certain temps. Elles pourraient être éliminées du graphique en comparant les niveaux réalisés aux différentes stations à un intervalle de temps nécessaire pour la transmission des niveaux. Au contraire, la marche générale des pentes, visible sur la figure, doit être attribuée aux conditions d'écoulement caractéristiques du régime du fleuve entre les stations considérées.

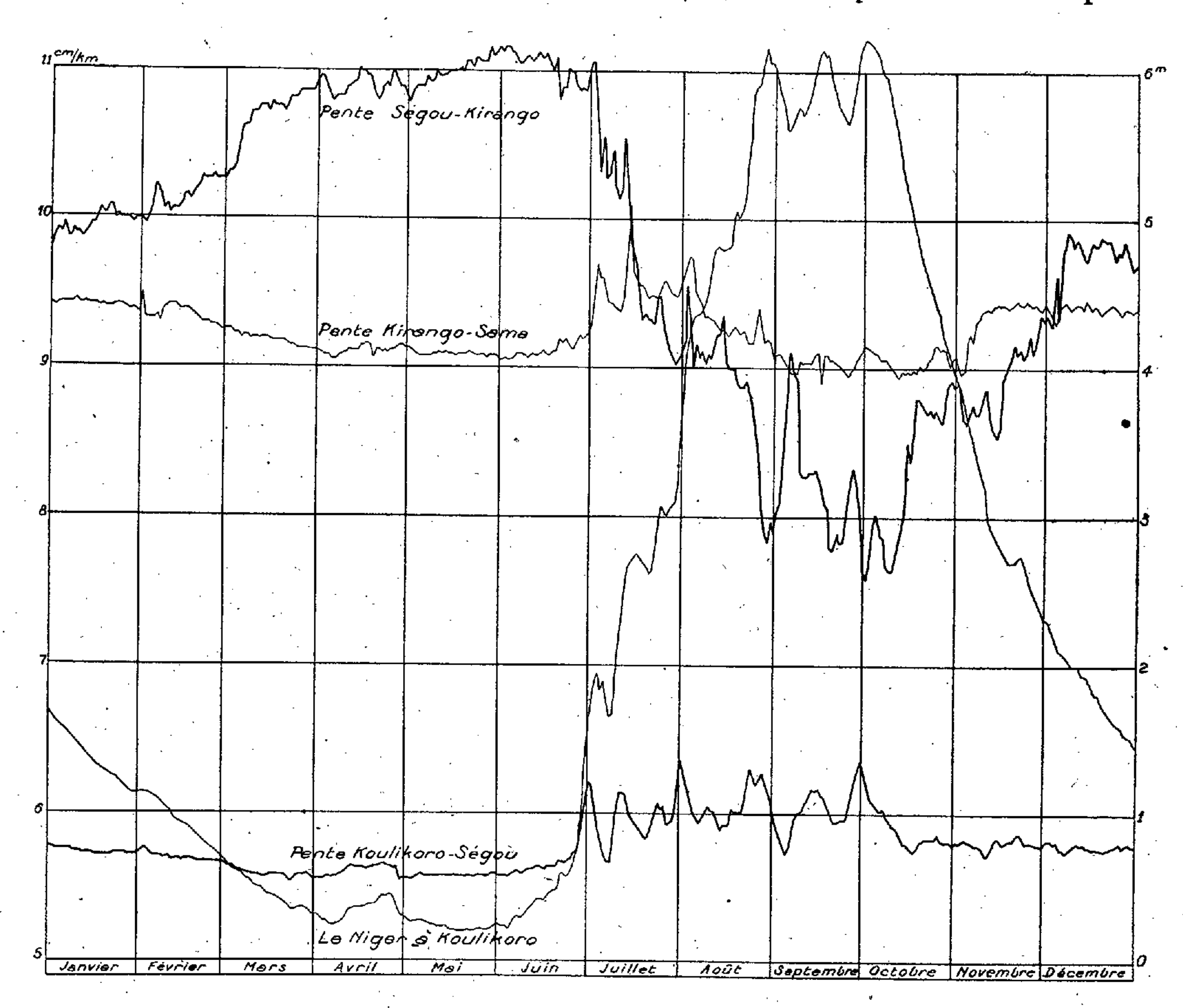
Entre Koulikoro et Ségou la pente augmente avec la crue. Elle a un

---

[5] *Comptes rendus*, 206, 1936, p. 450.

[1] Séance du 21 octobre 1940.

maximum au sommet de celle-ci et un minimum à la fin de l'étiage. Les valeurs extrêmes sont : 6,8 et 5,4 cm/km. L'amplitude de la pente



présente une variation d'année en année, un peu plus forte pour le maximum, mais ne dépassant pas 0,1 de la valeur maximum de la pente.

Entre Ségou et Kirango la marche annuelle de la pente est l'inverse de la précédente. Ici la pente elle-même reste toujours plus forte et varie entre 11,8 et 7,4 cm/km. La variation d'année en année est aussi de l'ordre de 0,1 de la valeur maximum. Elle est approximativement la même pour le maximum comme pour le minimum.

Entre Kirango et Sama la pente passe dans l'année par deux maxima et deux minima. Ces derniers correspondent à l'étiage et aux sommets de la crue. A la montée et à la descente des eaux la pente augmente. Ses valeurs extrêmes sont 10,1 et 8,6 cm/km, et la variation d'année en année de son amplitude n'atteint pas 0,05 de la valeur maximum.

Ainsi, par rapport à la marche annuelle de la pente, le régime du Niger entre Koulikoro et Ségou peut être comparé à celui d'un canal écoulant

une crue annuelle. Entre Ségou et Kirango ce canal subit une influence provoquant un remous d'exhaussement pendant la crue et due, peut-être, au seuil latéritique de Markala. Enfin, en aval de Kirango, l'écoulement du Niger n'est affecté d'un remous d'exhaussement que plus tard, lorsque l'obstacle présenté par la multiplicité de bras fait monter le niveau en aval plus vite qu'à Kirango, ce qui a lieu à partir de la cote 3,70 à l'échelle de Sama.

En comparant la marche décrite de la pente avec le régime connu des fonds, on reconnaît que sur le parcours Koulikoro-Ségou l'augmentation de la pente pendant la crue suffit pour assurer le transport du débit solide provenant de l'amont. Les parcours suivants, de Ségou à Kirango et de Kirango à Sama, à pente plus forte, le laissent certainement poursuivre sa route. De plus, l'augmentation de la pente à la montée des eaux entre Kirango et Sama explique le fait que les érosions locales deviennent plus fortes en aval de Kirango. Le maintien du chenal après la crue y est dû, de même, aux pentes plus fortes à la décrue.

GÉNÉTIQUE. — *A propos du croisement interspécifique* Nicotiana Tabacum *L. var.* purpurea *Anast.* ($n=24$) $\times$ N. sylvestris *Speg et Comes* ($n=12$). Note de M[lle] **Aline Dusseau** et M. **Alexandre Fardy**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les principaux caractères phénotypiques de la F_1, de la F_2 et d'une lignée stabilisée (B. 51-44) ont été signalés [1]. La sporogénèse de cette lignée est tout à fait normale en F_{11}, F_{12}, F_{13}, avec comme formule chromosomique, $n=24$; il en est de même pour les lignées A-26-26 en F_7, B_4-28 en F_{14}, B_4-33 en F_{11} et F_{12}, B-35-32 en F_{10} et F_{11}, B-51-45 en F_{11}, issues du même croisement. Nous donnons les résultats de l'étude cytologique de la F_1 et de la F_2.

Les auteurs ayant antérieurement étudié ce croisement (Goodspeed 1923, Goodspeed et Clausen 1927, Watkins 1925, Brieger 1928, Christoff 1928, Webber 1930), avaient noté la stérilité complète de la première génération, et les premières observations cytologiques faites par Goodspeed (1923) et plus tard par Goodspeed et Clausen (1927) ont établi qu'à la première métaphase de maturation des cellules mères des grains de pollen les chromosomes des deux parents s'associent suivant la formule $12_{II}+12_I$ où les 12 monovalents qui se trouvent en dehors de la plaque équatoriale sont d'origine *Tabacum*, étant donné l'asyndèse complète que manifestent entre eux les chromosomes des pieds haploïdes

(1) P. Gisquet, A. Dusseau et H. Hitier, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 356.

de *N. Tabacum* au cours de la méiose (Chipman et Goodspeed 1927).

L'étude de la F_1 depuis la diacinèse jusqu'au stade de la formation des tétrades nous montre que :

1° La plaque qui se forme à la première métaphase de maturation comporte des groupements les plus divers (chromosomes mono-, bi- et trivalents); on distingue généralement 12 formations dans le plan équatorial et un certain nombre de monovalents en dehors de celui-ci. Dans certains cas, les plaques présentent un aspect de caténation; de gros chromosomes semblent reliés à de plus petits par des filaments. L'examen de ces mêmes plaques en vue de profil trahit souvent une liaison entre les monovalents en dehors de la plaqne et les chromosomes de celle-ci, d'où affinité probable entre ces éléments reliés par un filament Feulgen-positif.

2° Les métaphases homéotypiques donnent des nombres voisins de 18, rarement de 24.

3° De nombreuses autres particularités se présentent : division fréquente d'éléments monovalents (en formes d'haltères); chromosomes retardataires de la première anaphase de maturation appartenant aussi bien à des dérivés de monovalents qu'à des dérivés de bivalents; expulsion de chromosomes dans le cytoplasme; retard dans le mouvement de certains chromosomes lors de l'anaphase homéotypique; formation d'extra-nucléi, de microcytes et de diades.

De toutes ces observations il se dégage que les 36 chromosomes somatiques de la F_1, régulièrement présents dans les méristèmes radiculaires, présentent entre eux, au cours de la sporogénèse, des rapports synoptiques complexes conduisant à la formation de gamètes à constitution qualitative et quantitative très variable et, de là, à une haute stérilité de la F_1.

On ne pourrait admettre la présence constante de 12 chromosomes monovalents ayant des mouvements libres régis par le simple jeu des lois du hasard (Goodspeed et Clausen, 1927), car, s'il en était ainsi (ce qui n'est pas confirmé dans nos préparations), on pourrait envisager la formation possible de gamètes purs du type parental et l'on expliquerait mal, dès lors, la stérilité complète de la F_1 telle que l'admettent ces auteurs.

L'examen de la F_2 nous a montré au cours de la diacinèse la présence, à côté des gemini normaux, d'associations polyvalentes et plus particulièrement de groupements trivalents. Les métaphases hétérotypiques ont des nombres très variables, généralement entre 20 et 26, parfois des plaques avec 24_{II}. A l'anaphase on trouve certaines anomalies propres aux hybrides, notamment la présence d'éléments retardataires parmi les trivalents. Lors de la constitution des plaques homéotypiques, on trouve des nombres variables entre 18 et 24. La formation des tétrades est généralement

normale, avec parfois un certain nombre d'extra-nucléi et quelques microcytes.

On peut conclure : 1° que les pieds examinés à la F_2 proviennent de la fusion de deux gamètes ayant un nombre très voisin de 24 ou exceptionnellement 24 chromosomes; 2° que les chromosomes de ces gamètes ont subi, au cours de la méiose de la première génération, un profond remaniement, échange de gènes, traduisant les affinités complexes qu'ils présentent entre eux (soudure de plusieurs chromosomes en forme de chaîne, monovalents rattachés à deux bivalents, etc.), remaniement constaté aussi à la seconde génération; 3° on peut envisager la formation, dès la F_2, de gamètes à $n = 24$ chromosomes, puisqu'on trouve des plaques homéotypiques présentant ce nombre qui se stabilise dans les générations suivantes; 4° les échanges entre chromosomes mis en évidence cytologiquement expliquent les différences phénotypiques qu'accusent les lignées stabilisées entre elles et avec le parent *Tabacum*.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *L'influence d'une absorption supplémentaire de glucose dans la respiration de la cellule vivante et la fonction glycogénique.* Note [1] de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le rythme des oxydations d'une cellule vivante peut être modifié quand on place cette cellule dans des conditions lui permettant d'absorber un supplément de glucose. C'est là un phénomène très général qui se retrouve dans les cellules les plus diverses, animales et végétales.

La mise en évidence du phénomène s'effectue de la façon suivante : Un fragment microscopique de tissu vivant est divisé en deux portions égales, qui seront placées exactement dans les mêmes conditions, mais l'un des fragments séjourne de 20 à 30 minutes dans un liquide contenant 1% de glucose, tandis que l'autre fragment séjourne exactement la même durée de temps dans un liquide semblable, mais dépourvu de glucose. Le liquide utilisé est l'eau pour les tissus végétaux, et la solution de Ringer pour les tissus animaux. Les pouvoirs d'oxydation des fragments comparés sont appréciés par l'action de chacun d'eux vis-à-vis de quantités égales du même leucodérivé. La rapidité et l'intensité avec lesquelles se trouve assurée la réoxydation du leucodérivé ayant pénétré dans les cellules permettent de mesurer le pouvoir d'oxydation intracellulaire. Pour un grand nombre de cas, un même type cellulaire a été étudié avec plusieurs leucodérivés différents; les résultats obtenus par les actions de

(1) Séance du 28 octobre 1940.

divers réactifs sur un même tissu sont concordants. Les deux réactifs les plus favorables à ces expériences ont été le leucodérivé de la phénosafranine et le leucodérivé du bleu de méthylène. Les résultats des expériences faites permettent de distinguer trois catégories.

Première catégorie. Action positive. — C'est le cas le plus fréquent. La cellule ayant absorbé du glucose présente des oxydations plus rapides et plus intenses. On peut constater ce fait sur les tissus les plus divers : muscle de Pigeon; écorce cérébrale de Poule; encéphale d'Orvet; encéphale de Raie; foie de Sole; muscles de la pince, du céphalotorax, du cœur de Crabes mâles et de Crabes femelles; branchies de Crabes mâles et femelles; épiderme de tige de Jacinthe, épidermes de feuille d'Orchis et de feuille d'Arum, filets d'étamines de Genêt et de Stellaire; stigmate de Lychnis; bractée d'Iris; pétales de Lychnis; tissus de très jeunes ovules d'Orchis, d'Arum, d'Iris, de Lychnis, de Stellaire; jeunes pollinies d'Orchis.

Deuxième catégorie. Action nulle. — L'absorption d'un supplément de glucose ne modifie pas le pouvoir d'oxydation de la cellule. C'est ce que l'on peut constater sur les tissus suivants : muscle cardiaque de l'Orvet; encéphale de Sole; tissu musculaire de la pince et du cœur, tissu branchial de Crabes mâles et femelles; épiderme de Jacinthe; tissu du filet de l'étamine chez la Vesce.

Troisième catégorie. Action négative. — Parfois l'absorption d'un supplément de glucose entraîne un ralentissement des oxydations cellulaires : muscle de la pince du Crabe mâle; tissu de la chaîne nerveuse de Crevettes mâles et femelles; jeunes ovules d'Iris; filet des étamines de Lychnis; parois de jeunes anthères de Renoncule et de jeunes anthères d'Arum.

Le sens de l'action du glucose dans les modifications de la respiration cellulaire ne dépend de l'organisme considéré que d'une façon secondaire. On trouve dans un organisme (Crabe) des tissus sur lesquels l'absorption d'un supplément de glucose entraîne une action positive, alors que pour d'autres tissus du même organisme l'action du glucose est nulle ou négative. On ne peut cependant relier strictement le sens de l'action du glucose à un caractère histologique, car un même type de tissu peut présenter des actions de sens différents. Le muscle de la pince du Crabe mâle peut donner soit une action positive, soit une action négative, soit une action nulle, suivant l'individu étudié.

De l'étude faite se dégage la conclusion générale suivante : chaque type cellulaire d'un organisme possède une certaine indépendance dans son comportement vis-à-vis du glucose supplémentaire qu'il est capable d'utiliser, et ce type cellulaire présente au cours de sa vie des phases

diverses dans ce même comportement. La cellule peut tantôt utiliser un supplément de glucose pour augmenter sa respiration, tantôt ne pas l'utiliser, parfois même se trouver gênée dans sa respiration par ce supplément de sucre. L'existence d'une action positive du glucose est la preuve cytologique de l'intervention du glucose dans la respiration cellulaire. Le fait que la présence d'un supplément de glucose peut entraîner une diminution de la respiration (action négative) est la manifestation cytologique d'un état de déséquilibre dans la nutrition cellulaire, état qui correspond aux phénomènes de déséquilibres alimentaires glucidiques décrits par les auteurs.

Les résultats des recherches ci-dessus mettent en évidence la nécessité d'une teneur relativement faible en glucose dans le milieu intérieur où vivent les cellules, pour assurer un rendement favorable à la fonction énergétique de ce glucide. On connaît, depuis Claude Bernard, l'existence de la fonction glycogénique et l'importance de la teneur du sang en glucose. Cette importance apparaît d'une façon particulièrement nette dans les expériences qui nous montrent qu'une cellule baignant dans un milieu trop riche en glucose pour elle se trouve gênée par cet excès de sucre et présente une respiration amoindrie.

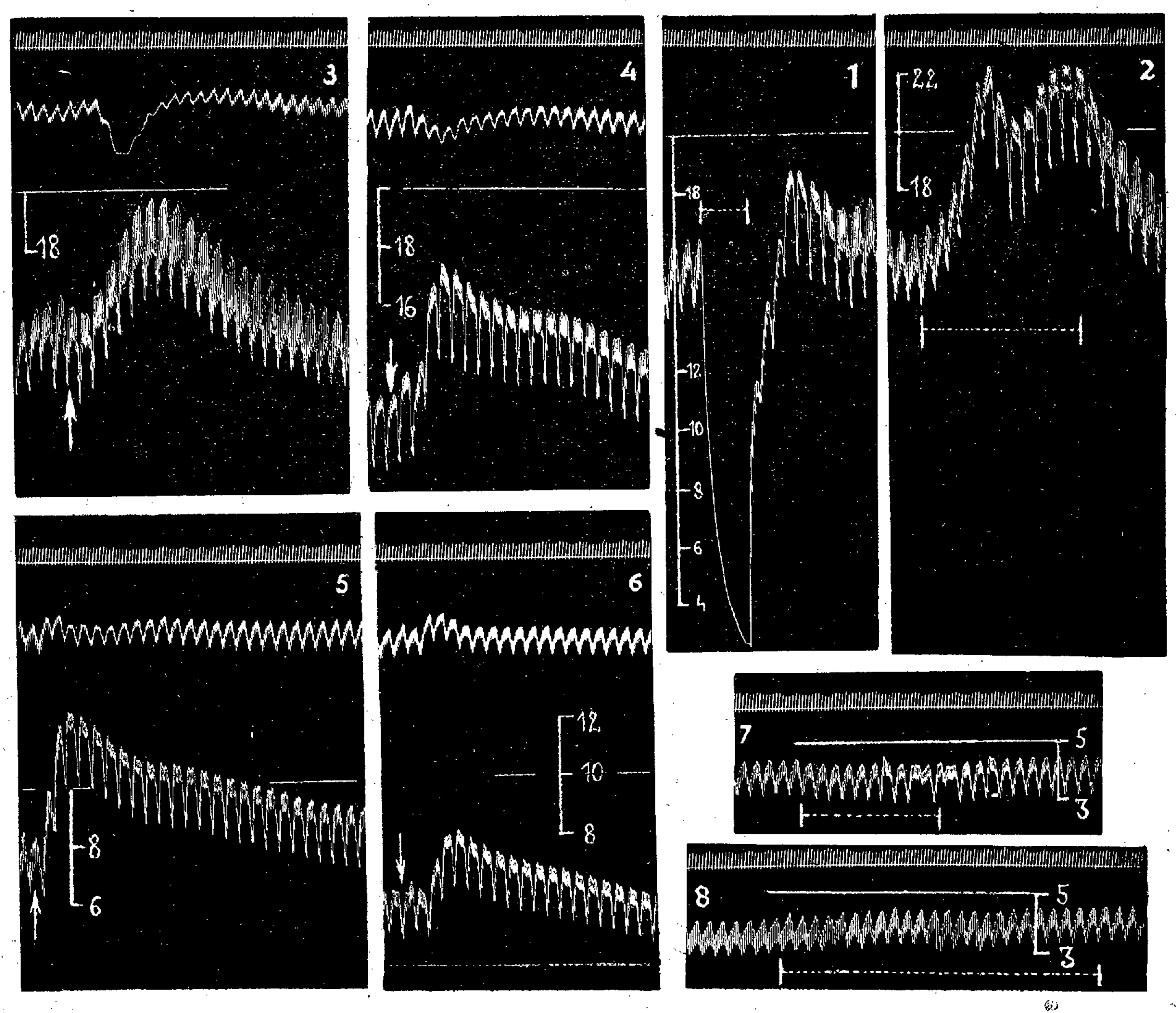
Conclusions. — Il est possible de mettre en évidence l'intervention du glucose dans la respiration cellulaire. La nécessité d'une teneur constante, relativement faible, en glucose dans le milieu intérieur apparaît comme une des conditions de l'utilisation de ce glucide. Les résultats apportés par la Cytophysiologie éclairent les phénomènes de déséquilibres alimentaires et permettent de comprendre la signification profonde de la constance de teneur du sang en glucose qu'assure la fonction glycogénique.

PHARMACOLOGIE. — *Influence de la serpentinine sur les effets de l'adrénaline, de l'occlusion carotidienne et de la faradisation du pneumogastrique.* Note (¹) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Ayant montré précédemment qu'à une dose où il laisse subsister les réflexes tenseurs sino-carotidiens, l'un des alcaloïdes du *Rauwolfia serpentina* Benth., l'ajmalinine, inverse les effets hypertenseurs de l'adrénaline, nous avons voulu comparer à l'action de cet alcaloïde celle de la serpentinine que S. et R. H. Siddiqui ont extraite de la même drogue et dont quelques réactions colorées sont semblables à celles de l'ajmalinine.

Dans nos expériences, la serpentinine a diminué et même supprimé

(¹) Séance du 21 octobre 1940.



Expérience du 12 *août* 1939. — Chien de 5^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. En 1, 2, 7 et 8 : 1^{re} ligne, temps en secondes. 2^{e} ligne, variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. En 3, 4, 5 et 6 : 1^{re} ligne, temps en secondes. 2^{e} ligne, variations du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié. 3^{e} ligne, modifications de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté, en 3, 4, 5 et 6, $0^{mg},008$ d'adrénaline dissous dans $0^{cm^3},8$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Entre les traits verticaux réunis par des lignes interrompues, on a, en 1 et 7, faradisé le bout périphérique du pneumogastrique gauche, l'écartement des bobines du chariot de Du Bois Reymond étant de 8^{cm}, en 2 et 8, pratiqué l'occlusion continue de la carotide droite, la carotide gauche étant reliée au manomètre à mercure. L'animal a reçu, entre les tracés 3 et 4, $2^{mg},5$, 5^{mg}, enfin 10^{mg}, entre les tracés 4 et 5, 20^{mg} ; entre les tracés 5 et 6, 20^{mg}, puis de nouveau 20^{mg} de serpentinine pure de S. et R.-H. Siddiqui neutralisée par l'acide chlorhydrique et dissoute dans l'eau distillée, à raison de 2^{mg} par centimètre cube. Tracés réduits de 20 pour 100.

l'action vaso-constrictive rénale de l'adrénaline, mais n'a pu que réduire les effets hypertenseurs de celle-ci, et cela à une dose où elle abolissait complètement les effets tant de l'occlusion carotidienne que de la faradisation du bout périphérique du pneumogastrique.

Au début d'une de ces expériences, la faradisation du bout périphérique du pneumogastrique, l'écartement des bobines du chariot de Du Bois Reymond étant de 8^{cm}, avait provoqué aussitôt l'arrêt cardiaque amenant la pression carotidienne de 165 à 25^{mm} de Hg, cependant, d'une part que l'occlusion de la carotide droite, la carotide gauche étant reliée au manomètre à mercure, faisait passer cette même pression de 166 à 223, puis à 205, enfin à 222^{mm} de Hg, d'autre part que l'injection de $0^{mg},008$ d'adrénaline élevait la pression carotidienne de 161 à 198^{mm} de Hg, soit de 37^{mm} de Hg, et provoquait une diminution marquée du volume du rein avec abolition complète du pouls de cet organe.

Après injections de $2^{mg},5$, puis de 5^{mg}, enfin de 10^{mg} de serpentinine, l'adrénaline, à la même dose qu'auparavant, a fait monter la pression carotidienne de 130 à 175^{mm} de Hg, c'est-à-dire de 45^{mm} de Hg, mais n'a plus produit qu'une diminution presque insensible du volume du rein et qu'une réduction du pouls rénal.

Quand l'animal eut encore reçu dans les veines 20^{mg} de serpentinine, l'adrénaline, toujours à la même dose, haussa la pression carotidienne de 84 à 126^{mm} de Hg, soit de 42^{mm} de Hg, mais augmenta faiblement le volume du rein, le pouls de cet organe subissant encore une légère réduction.

Enfin, quand on eut encore injecté à l'animal 20^{mg}, puis de nouveau 20^{mg} de serpentinine, l'adrénaline, ici aussi la même dose, ne provoqua plus qu'une hypertension de 21^{mm} de Hg amenant la pression carotidienne de 62 à 83^{mm} de Hg, cependant que le rein subissait une faible augmentation de volume ne s'accompagnant plus que d'une réduction absolument insignifiante de son pouls. A ce moment la faradisation du bout périphérique du pneumogastrique gauche, avec le même écartement de bobines qu'auparavant, n'eut plus qu'une influence insignifiante sur la pression carotidienne, celle-ci passant de 45 à 43^{mm} de Hg, cependant que l'occlusion carotidienne n'élevait plus cette pression que de 40 à 45^{mm}, c'est-à-dire de 5^{mm} de Hg.

A $15^{h}35^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}10^{m}$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 NOVEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS.

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le cracking hydrogénant des goudrons dérivés des matières grasses.* Note (1) de MM. **Paul Pascal** et **Luka Lilić**.

Il a été récemment mis au point, dans le laboratoire de l'un de nous, une méthode susceptible de transformer les matières grasses en un mélange très riche en hydrocarbures (parfois moins de 0,7 % d'oxygène) et avec des rendements très élevés (2). Une pyrogénation de graines ou de graisses, dans un courant rapide de gaz inerte, fournit un goudron primaire oxygéné; un chauffage ultérieur de ce goudron sur un catalyseur minéral le désoxyde presque complètement et fournit une huile contenant une proportion appréciable d'essence. En voici les caractéristiques principales, pour quelques cas particuliers pris au hasard :

	Goudron primaire.				Huile finale brute.			
	Densité.	A.	B.	O^2%.	Densité.	A.	B.	O^2%
Arachides en coques (à 18°).	0,965	196,4	129,1	9,2	0,864	47,2	8,7	1,7
Fruits de palmes entiers (à 29°)...............	0,975	181,4	115,7	10,7	0,870	56	17,6	2,9

A, indice de saponification; B, indice d'acidité.

---

(1) Séance du 4 novembre 1940.

(2) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1264; **207**, 1938, p. 588.

Nous avons cherché à compléter ce second temps par un cracking hydrogénant, afin d'accroître notablement le taux d'essence.

Les essais ont été effectués dans une bombe tournante en acier inoxydable, du type Höfer, dont l'étanchéité était assurée par un joint de cuivre rouge. Dans l'appareil, d'une capacité de 3^l, étaient placés chaque fois 450^{cm^3} d'huile secondaire. On y comprimait ensuite de l'hydrogène sous une pression initiale P_0 avant de chauffer très progressivement l'ensemble jusqu'à la température maxima T, qu'on atteignait au bout de 3 heures environ et que l'on maintenait 20 minutes. Après refroidissement lent, au cours de la nuit, c'est-à-dire après 14 à 15 heures de contact entre le gaz et le liquide, l'huile hydrogénée était fractionnée et analysée, l'eau formée était mesurée.

Après avoir employé comme catalyseur le sulfure de molybdène, nous avons constaté que les résultats restaient presque identiques en son absence, l'hydrogénation, dans ce dernier cas, prenant cependant le pas sur le cracking. Nous avons été ainsi amenés à soupçonner le cuivre du joint (toujours un peu attaqué) d'intervenir dans la catalyse et vérifié cette présomption en remplaçant ce métal par l'aluminium; mais, même alors, le cracking hydrogénant était notable. Il resta cependant acquis que le cuivre ou les sels de cuivre, comme on le vérifia directement, améliorent l'opération, mais ce qu'il en faut est infime (moins de 10^{-5}) et la corrosion inévitable de l'appareil suffit amplement à le fournir.

Voici, à titre d'exemple, pour l'huile secondaire d'arachides, et en fonction des conditions de marche, les rendements pondéraux en liquides condensables à 20° et l'analyse de la fraction 0-180° dans le liquide hydrogéné (le métal du joint est le cuivre, sauf dans le dernier exemple où il était remplacé par l'aluminium).

				Rendements (%)		Caractères de la fraction 0-180° (%)			
MoS^2 %.	P_0 (atm).	T°.	Eau formée (%).	total.	fraction 0-180°.	densité.	saponifiable.	éthylénique.	aromatique.
2.......	198	430		84,5	15,3	0,745	1	3,4	11
1.......	102	440		64,5	16,4	0,745	3,2	5,4	12,8
1.......	85	475	0,6	76	35,9	0,740	1,9	4,2	12,6
2.......	85	475	1,07	78	35,5	0,740	1,7	3,9	12,1
0.......	66	475		82	28,7	0,737	1,6	7,6	10,9
0.......	85	475	1,4	81	36,3	0,740	1,4	4,6	14
1 (Al)...	85	475		82	25,7	0,736	1,6	10,8	9,8

Des résultats comparables ont été obtenus avec les huiles dérivées des fruits de palme et du soja. C'est avec l'huile secondaire dérivée des fruits

entiers de palme, et en absence de tout catalyseur ajouté volontairement, que nous avons précisé plus complètement les indications générales découlant déjà du tableau précédent, et d'ailleurs valables pour toutes les huiles secondaires végétales ou animales de ce genre.

Voici les résultats d'une série d'expériences sur les palmes :

			Rendements en poids (%)				Densités à 20°			
	P_0.	T°.	total.	0-180°.	0-205°.	205-250°.	totale.	0-180°.	0-205°.	205-250°.
I.....	85	455	95	19,5	25,7	19,0	0,836	0,762	0,779	0,824
II....	100	455	92	18,6	30,1	24,5	0,836	0,755	0,781	0,830
III....	50	465	91	24,7	32,0	17,5	0,824	0,752	0,771	0,832
IV....	66	475	87,5	38,15	47,5	14,3	0,809	0,744	0,763	0,846
V.....	85	475	88	37,3	47,3	16,8	0,805	0,746	0,761	0,855

	Analyses des fractions 0-180° (%)			0-205° (%)		
	saponifiable.	éthylénique.	aromatique.	saponifiable.	éthylénique.	aromatique.
I.....	3,5	10,0	10,0	6,4	10,8	18,8
II....	3,8	9,4	12,8	6,0	13,2	10,4
III....	2,8	12,9	10,0	5,8	14,0	9,1
IV....	2,6	8,0	10,8	4,2	11,2	8,8
V.....	2,8	8,0	11,2	4,8	10,8	8,8

Dans les conditions optima, on observe la variation suivante des caractéristiques principales :

	Huile brute.	Huile hydrogénée.
Densité à 20°........................	0,877	0,805
Indice d'iode........................	105,8	54,3
Fraction 0-180° (%).................	14	38,15

En résumé, la température est le facteur principal de l'allégement des pétroles végétaux. Son effet ne commence à se faire sentir nettement que vers 455°; mais, quand on dépasse 465°, on obtient rapidement une huile craquée et hydrogénée dont près de la moitié distille avant 205°. Nous n'avons pas trouvé intérêt à dépasser 475°, d'autant que la pression totale atteint alors le triple de la valeur initiale.

La pression d'hydrogène est un facteur secondaire du phénomène, tant, du moins, qu'elle possède une valeur assez élevée pour assurer la présence d'une quantité de gaz nettement supérieure à celle qui doit être fixée. A cet égard, on peut même remplacer l'hydrogène par des mélanges, comme le gaz à l'eau, à condition de tenir compte de la diminution de pression partielle.

En opérant à des températures croissantes, on augmente lentement la

proportion des produits non condensables à la température ordinaire; l'huile hydrogénée est alors de plus en plus légère et volatile, sa portion saponifiable, déjà faible, disparaît lentement.

La teneur en carbures éthyléniques de l'huile hydrogénée passe par un maximum vers 465°. Ainsi se manifeste la superposition des deux phénomènes opposés du cracking hydrogénant : formation croissante d'éthyléniques et saturation de ceux-ci par l'hydrogène.

On peut donc, par un cracking hydrogénant des pétroles végétaux et animaux, obtenir des rendements très élevés en essence, sans mettre en jeu de catalyseurs spéciaux, sauf peut-être des traces infimes de cuivre, que la corrosion inévitable des appareils est parfois susceptible de fournir en quantité surabondante.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, MM. **L. Bouvier**, **H. Deslandres**, **R. Bourgeois**, **É. Borel**, **G. Bertrand**, **A. Cotton**, **A. Chevalier** sont désignés pour constituer, avec les Membres du Bureau, la Commission du *prix Le Conte*.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **P.-A. Dangeard**, **R. Bourgeois**, **Ch. Maurain**, **L. Lapicque**, **Ch. Jacob**, **E.-G. Barrillon**, **E. de Margerie** sont désignés pour constituer, avec les Membres du Bureau, la Commission du *prix Albert Ier de Monaco*.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la composition des probabilités de densités constantes*. Note de M. **Edgar Baticle**, présentée par M. Émile Borel.

Je considère n variables aléatoires $x_1, x_2, \ldots, x_n$ pouvant varier au hasard entre des limites quelconques; $a_1 < a_2 < a_3 < \ldots < a_n$ sont les amplitudes des variations.

Si, dans un espace à n dimensions, je prends pour origine O le point représenté par les plus petites valeurs des variables, le domaine repré-

sentatif de toutes les valeurs possibles des n variables sera le parallélépipède généralisé construit sur Oa_1, Oa_2, ..., Oa_n.

L'équation $z = x_1 + x_2 + \ldots + x_n$ représente un plan à $n-1$ dimensions, et la probabilité P que la somme $x_1 + x_2 + \ldots + x_n$ est inférieure à z est le rapport du volume découpé par ce plan (côté origine) dans le parallélépipède au volume de ce parallélépipède, c'est-à-dire $a_1 a_2 \ldots a_n$.

La pyramide de sommet O, déterminée par les plans de coordonnées et par le plan $z = \Sigma x$, a, comme on sait, pour volume $(1/n!)z^n$. C'est le volume cherché, tant que z n'a pas atteint la plus petite des amplitudes, soit a_1. Cette limite dépassée, il faut retrancher la pyramide de sommet a_1, c'est-à-dire $(1/n!)(z-a_1)^n$. De même pour les autres amplitudes.

Mais on se rend compte que, si z dépasse par exemple $a_1 + a_2$, on a enlevé deux fois la pyramide $(1/n!)(z - \overline{a_1 + a_2})^n$. Il faut donc *ajouter* ce terme et la nouvelle formule sera valable jusqu'à ce que z atteigne $a_1 + a_2 + a_3$. On aura alors à *retrancher* $(1/n!)(z - \overline{a_1 + a_2 + a_3})^n$; et ainsi de suite.

Il faut naturellement envisager toutes les sommes partielles possibles en prenant les combinaisons des quantités a_1, a_2, ..., a_n une à une, 2 à 2, ..., $n-1$ à $n-1$.

Ce raisonnement nous conduit immédiatement à la formule

$$P = \frac{1}{a_1 a_2 \ldots a_n} \frac{1}{n!} \left[z^n - \Sigma(z-a_i)^n + \Sigma\Sigma(z - \overline{a_i + a_h})^n - \Sigma\Sigma\Sigma(z - a_i + a_h + a_k)^n + \ldots\right],$$

chacune des parenthèses n'étant incorporée dans la formule que si elle est positive.

Je remarquerai que, si je fais $a_1 = a_2 \ldots = a_n = 1$, j'obtiens la formule

$$P = \frac{1}{n!}\left[z^n - C_n^1(z-1)^n + C_n^2(z-2)^n - \ldots\right],$$

qui est la loi de probabilité totale de la somme de n variables aléatoires pouvant varier au hasard entre 0 et 1. Cette formule est celle que j'ai donnée [1], en suivant une méthode toute différente.

Dans le cas général, la densité de probabilité est

$$p = \frac{1}{a_1 a_2 \ldots a_n} \frac{1}{(n-1)!} \times\left[z^{n-1} - \Sigma(z-a_i)^{n-1} + \Sigma\Sigma(z - \overline{a_i + a_h})^{n-1} - \Sigma\Sigma\Sigma(z - \overline{a_i + a_h + a_k})^{n-1} + \ldots\right].$$

[1] *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 545.

Elle est symétrique par rapport à $(1/2)\Sigma a_i$, le point $(1/2)a_1$, $(1/2)a_2 \ldots 1/2\,a_n$ étant un centre pour le parallélépipède $a_1 a_2 \ldots a_n$. Les différentes paraboles de degré $n-1$ se raccordent entre elles et la courbe (p) a la forme d'une courbe de Gauss. Mais elle peut en différer notablement si le nombre des variables n'est pas très grand et si certaines des amplitudes sont très différentes des autres (par exemple, si, dans le cas de trois variables, on a $a_1 = a_2 = 1$ et $a_3 = 4$; la densité de probabilité résultante reste constante entre $z = 2$ et $z = 4$ et égale à $1/4$).

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Les systèmes d'équations linéaires dans les espaces uniformément convexes.* Note de M. **Robert Fortet**, présentée par M. Émile Borel.

Soient B un espace vectoriel, distancié, complet et uniformément convexe ([1]), et $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ une suite de points de B, de norme égale à 1. Φ désignant une fonctionnelle linéaire de l'espace conjugué $\overline{B}$ de B, et $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$ une suite de nombres quelconques, on peut considérer le système d'équations (S) :

$$\text{(S)} \qquad \Phi(x_i) = a_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n \ldots),$$

où Φ est l'inconnue. Si M désigne la borne inférieure des normes des solutions de (S), toute solution Φ^* de (S), telle que $\|\Phi^*\| = M$, sera dite *minimale*.

Théorème I. — *Si* B *est à norme régulière* ([2]), *le système* (S) *admet au plus une solution minimale.*

Cette solution minimale existe dès que le système (S) n'est pas impossible. Considérons le système (S_n) :

$$(S_n) \qquad \Phi(x_i) = a_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Il admet une solution minimale Φ_n^* dont la norme $M_n(a_1, \ldots, a_n)$ est donnée par

$$M_n(a_1, \ldots, a_n) = \underset{\lambda_j}{\text{borne sup.}} \frac{|\lambda_1 a_1 + \ldots + \lambda_n a_n|}{|\lambda_1 x_1 + \ldots + \lambda_n x_n|},$$

où les λ_i sont des nombres quelconques. Évidemment $M_{n+1} \geqq M_n$.

---

(1) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 497.

(2) Voir la définition des espaces à norme régulière dans notre Note déjà citée.

THÉORÈME II. — *Si* B *est à norme uniformément régulière* ([3]), *la condition nécessaire et suffisante pour que* (S) *soit possible* (*et par conséquent qu'il existe une solution minimale*) *est que*

$$\lim_{n \to +\infty} M_n = M < +\infty,$$

et alors

$$\Phi^* = \lim_{n \to +\infty} \Phi_n^*.$$

Cette condition étant réalisée, (S) est indéterminé dès que la variété linéaire complète $(x_1, \ldots, x_n, \ldots)$ n'est pas identique à B.

Ces résultats sont une extension de la théorie de M. F. Riesz pour les espaces $L^{(p)}$ ([4]).

On peut aussi considérer des systèmes (S') de la forme

$$\Phi_i(x) = b_i \qquad (i = 1, 2, \ldots),$$

où les Φ_i sont des fonctionnelles données de $\overline{B}$ et x ($\subset$ B) l'inconnue; si B est uniformément convexe à norme uniformément régulière, la théorie précédente est valable.

Application. — Soit un espace B, uniformément convexe à norme uniformément régulière et *séparable*; on peut trouver une suite $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ de points de B, tels que

a. $|x_n| = 1$; x_i soit normal ([5]) à x_j si $i < j$;

b. la variété linéaire complète $(x_1, \ldots, x_n, \ldots)$ soit identique à B;

c. tout point x de B puisse être représenté par une série de la forme $\sum \lambda_i x_i$; réciproquement, à une telle série correspond au plus un point x de B; et si l'on pose $x_n = \sum_{i=1} \lambda_i x_i$, $\Phi(x_n)$ tend, lorsque n croît indéfiniment, vers $\Phi(x)$, pour toute fonctionnelle Φ de $\overline{B}$.

La convergence (forte) de la série $\sum_i \lambda_i x_i$ vers x n'est pas assurée en général.

([3]) Voir la définition des espaces à norme uniformément régulière dans notre Note citée plus haut.

([4]) Voir F. RIESZ, *Les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues*, Paris, 1913.

([5]) Au sens de notre Note citée plus haut.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la corrélation entre les taches et les protubérances solaires.* Note de M[me] et M. L. D'AZAMBUJA, présentée par M. Henri Deslandres.

On sait qu'il existe un parallélisme général entre les variations périodiques de la fréquence des taches et celles des protubérances solaires. Divers auteurs cependant, en particulier A. Mascari (¹), puis T. Royds (²), comparant, sur plusieurs cycles undécennaux, les nombres relatifs de Wolf aux nombres de protubérances déterminés par l'observation visuelle, ont signalé que les minima ou les maxima de ces derniers présentaient un certain retard, variable d'un cycle à l'autre et pouvant atteindre une année, par rapport aux minima ou aux maxima de taches correspondants. Par contre J. Evershed (³), considérant, non plus les nombres, mais les aires des protubérances, a trouvé des écarts plus réduits et admis finalement qu'il n'y avait pas de décalage sensible entre les deux courbes d'activité.

Ces premiers travaux concernaient seulement les observations au bord solaire, qui ne donnent qu'une idée très incomplète des protubérances. Dès que l'emploi courant de spectrohéliographes appropriés a permis de les enregistrer, comme les taches, pendant toute leur traversée du disque, où elles se projettent sous la forme de longues lignes sombres ou *filaments*, de nouvelles comparaisons ont été entreprises. En 1913 H. Deslandres et l'un de nous (⁴) annoncions que, au cours des trois premières années de leur observation (1908-1911), les filaments avaient suivi les variations des taches, mais avec un retard notable, surtout pour les filaments les plus voisins des pôles. Récemment M. N. Gnevishev (⁵), utilisant les nombres caractéristiques de l'activité solaire publiés à Zurich dans le *Bulletin for character figures*, a trouvé que, entre 1917 et 1937, pour certaines régions du Soleil sélectionnées en longitude, les filaments présentaient un retard moyen de trois rotations synodiques (82 jours) sur les taches.

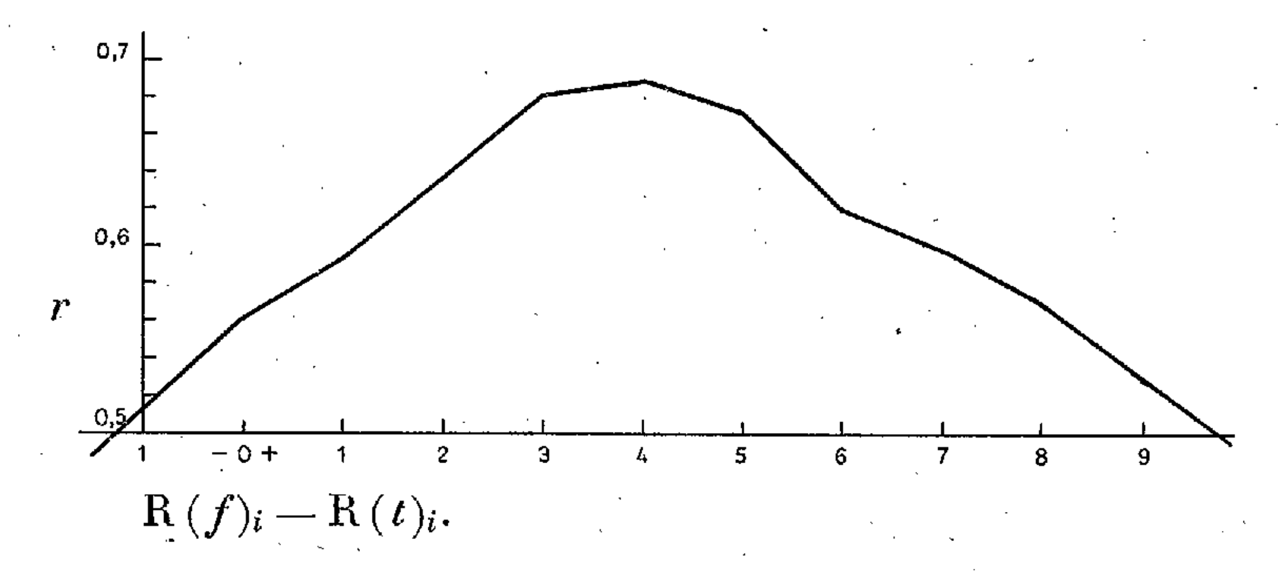
Nous avons cherché à compléter ces résultats, à l'occasion d'une étude

(¹) *Memorie degli spettroscopisti italiani*, 33, 1904, p. 45.
(²) *Kodaikanal Observatory Bulletin*, n° 34, 1913, p. 33.
(³) *Memoirs of the Kodaikanal Observatory*, 1, partie II, 1917, p. 59.
(⁴) H. DESLANDRES et L. D'AZAMBUJA, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 413.
(⁵) *Bulletin de l'Obs. de Poulkovo*, 16, 1938, p. 36.

d'ensemble des filaments que nous poursuivons sur la période s'étendant de 1919 à 1930, en appliquant la méthode de corrélation aux statistiques des deux phénomènes. En ce qui concerne les filaments, nous nous sommes aidés des *Cartes synoptiques de la chromosphère solaire* que l'Observatoire de Meudon établit pour chaque rotation synodique de l'astre. Ces cartes permettent d'estimer, avec une approximation satisfaisante, l'aire apparente moyenne des filaments au cours de leur traversée du disque. Par suite des variations de la perspective, les trois dimensions des filaments interviennent dans la formation de cette aire, qui constitue ainsi une bonne mesure de l'importance des objets.

Il convenait de faire une discrimination entre les filaments dont la zone de plus grande fréquence, dans chaque hémisphère, est comprise entre 0° et 40° et les filaments de haute latitude. Ceux-ci peuvent paraître à première vue plus indépendants des taches puisqu'ils sont plus éloignés des *zones royales*, et qu'ils possèdent la propriété de se rapprocher progressivement des pôles au cours du cycle undécennal alors que les taches s'en écartent. Ce sont les résultats concernant les premiers filaments que nous présentons aujourd'hui.

Le coefficient de corrélation r a été calculé entre la surface tachée



(d'après Greenwich) t_i, pour une rotation donnée R_i, et l'aire apparente moyenne des filaments f_i, pendant la même rotation, les trois rotations précédentes et les dix rotations suivantes. Le graphique ci-dessus montre que r est maximum (0,69) pour un retard des filaments sur les taches d'un peu moins de quatre rotations, soit 100 jours environ, résultat en assez bon accord avec celui de M. N. Gnevishev, obtenu par un tout autre procédé et avec une discrimination assez différente des phénomènes. Aucune variation systématique de la corrélation n'est apparue au cours de l'intervalle de onze ans considéré, évidemment peu étendu.

Nous avons ensuite recherché si le retard était le même pour les filaments les plus voisins de l'équateur et pour ceux qui s'en trouvent plus éloignés, en partageant en deux, dans chaque hémisphère, la zone étudiée précédemment. Le nombre plus restreint des matériaux utilisés n'a pas permis d'obtenir un résultat aussi net. Néanmoins il est apparu visiblement que le retard des filaments sur les taches n'est que de 50 jours environ dans la demi-zone la plus rapprochée de l'équateur, alors qu'il atteint 110 dans la plus éloignée. La plupart des filaments importants se trouvant dans cette dernière, il est normal que leur retard soit peu différent du retard observé pour l'ensemble des filaments.

On peut interpréter ce résultat en supposant que les filaments naissent dans la région des taches et se développent ensuite en remontant lentement vers les pôles. Les filaments de haute latitude ne seraient ainsi que d'anciens filaments équatoriaux. Nous préciserons ce point de vue par l'étude de nombreux cas individuels.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Interprétation géographique de l'hypsométrie française*. Note [1] de M. **Emmanuel de Martonne**, présentée par M. Robert Bourgeois.

J'ai fait connaître [2] la méthode et les résultats des mesures planimétriques opérées à l'Institut de Géographie de l'Université de Paris sur la carte hypsométrique en 4 feuilles à 1/1250000^e de l'Atlas de France publié par le Comité National de Géographie. L'interprétation de ces chiffres n'est pas sans intérêt pour la Géographie physique.

L'altitude moyenne de 342^m pour l'ensemble du territoire français peut paraître plus basse qu'on ne l'aurait escomptée au vu de la carte. Elle montre quelle grande place les plaines et collines tiennent en France à côté des hautes et moyennes montagnes.

L'altitude moyenne de nos Alpes, inférieure à 1200^m, est le signe de l'infériorité des Alpes françaises sur l'ensemble de la chaîne. L'enquête géologique révèle en effet que les efforts orogéniques y ont été moins intenses qu'ailleurs, les charriages n'intéressant guère qu'un tiers de la surface, et la grande aire de subsidence de Valensole manifeste une

(1) Séance du 28 octobre 1940.

(2) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 378.

tendance au morcellement de l'édifice tectonique. La profondeur et la largeur des sillons d'érosion fluviale et glaciaire réduisent encore l'altitude moyenne. Cette dernière considération intervient spécialement pour les Pyrénées françaises, dont l'altitude moyenne dépasse à peine 2000^m.

On remarquera que la différence entre l'altitude moyenne et l'altitude maximum est beaucoup plus grande pour ces hautes montagnes que pour les moyennes montagnes. Le Massif Central, qui ne dépasse pas 2000^m, a une altitude moyenne de 750^m. On pourrait invoquer la loi générale de l'hypsométrie continentale, qui veut que les plus hautes altitudes soient toujours très réduites. Mais il y a plus, et l'on doit reconnaître ici l'effet d'une différence fondamentale de structure entres les hautes montagnes, dues aux plissements tertiaires, et les montagnes hercyniennes, plus ou moins nivelées, dont le rajeunissement incomplet n'a encore donné que des vallées relativement peu profondes.

Le Jura, rameau détaché des Préalpes, a une altitude moyenne intermédiaire entre celles des Vosges et du Massif Central, son altitude maximum se rapprochant de celle des montagnes hercyniennes. Les plis n'y affectent qu'une couverture du socle, qui n'est pas loin en profondeur; l'extension des terrains calcaires réduit d'ailleurs l'érosion superficielle et le creusement des vallées.

L'altitude moyenne du Massif Armoricain (104^m) est inférieure à celle du Bassin Parisien, signe de l'atonie du relief d'un socle hercynien resté à peu près insensible à l'orogénie tertiaire, alors que le bassin sédimentaire a obéi, dans une certaine mesure, aux poussées transmises par les massifs l'encadrant (noter que l'altitude moyenne s'abaisse à 126^m dans le Bassin Parisien occidental et atteint 283^m pour le Bassin oriental).

Le rapport des altitudes maxima aux altitudes moyennes, n'ayant de signification que pour une région naturelle, est sans intérêt pour toute la France. Notons qu'il est à peu près le même pour les hautes montagnes (Alpes 23^m, Pyrénées 28^m), plus élevé pour les massifs hercyniens, et sensiblement égal pour ceux qui ont subi le contre-coup des plissements tertiaires (Massif Central 38^m, Vosges 37^m).

L'examen des chiffres de chaque zone altimétrique révélerait un grand nombre de contrastes et de particularités des différentes régions qu'on peut rendre sensibles à l'œil en dressant les courbes hypsométriques et les courbes de pourcentage (altitudes en ordonnées dans les deux cas, tandis qu'en abscisses sont portées les surfaces cumulées dans le premier cas, les pourcentages dans le second).

Les courbes de pourcentage (rarement en usage dans les études morphométriques) sont pourtant particulièrement intéressantes. Celles des montagnes de plissement récent et celles des massifs anciens forment deux groupes nettement distincts. La similitude des courbes des Alpes et des Pyrénées n'est pas parfaite, les Pyrénées se tenant constamment au-dessous des Alpes, mais s'en écartant particulièrement aux altitudes 750-1000^{m} et surtout 1500-2500^{m}, signe d'une structure plus massive, avec le grand développement de la *zone axiale*. Les courbes des Vosges et du Massif Central offrent aussi des différences : celle des Vosges se tient au-dessus dans les basses altitudes, et notamment à partir de 500^{m}, ce qui traduit l'aération plus grande du Massif Central, due surtout aux plaines d'affaissement comme la Limagne.

La courbe du Jura, rameau détaché des plissements alpins, offre une anomalie apparente. Elle s'inscrit dans le groupe des massifs anciens, en se tenant légèrement au-dessus. Les raisons sont celles qui ont été données plus haut pour expliquer son altitude moyenne assez anormale : plissements superficiels au-dessus d'un socle ancien peu profond, faible développement et étroitesse des vallées dans un matériel calcaire. On peut dire que l'exception confirme la règle.

RELATIVITÉ. — *Le quadrivecteur densité de moment cinétique propre.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

En théorie de l'électron de Dirac, on définit un quadrivecteur d'espace-temps σ_i dont les trois premières composantes représentent une *densité de moment cinétique propre* (*densité de spin*) du fluide électronique. Ce quadrivecteur est orthogonal au courant électrique d'Univers, ou, ce qui revient au même, sa composante σ_4 s'annule dans le *système galiléen entraîné*. En conséquence, dans un système galiléen quelconque où $\vec{v}$ désigne la vitesse du courant et $\vec{\sigma}$ la densité de spin dans l'espace, on a une relation de la même forme que pour le quadrivecteur classique *densité de force pondéromotrice* :

$$\sigma_4 = \frac{i}{c}(\vec{\sigma}.\vec{v}).$$

En nous basant uniquement sur des considérations de variance relativiste

et sur le fait que la définition classique d'une densité vectorielle doit subsister dans le système galiléen entraîné, nous allons montrer ceci : étant admise, pour un certain *fluide*, l'existence d'une densité de moment cinétique propre, celle-ci est obligatoirement représentée par l'ensemble des trois composantes spatiales d'un quadrivecteur, qui est orthogonal au courant d'Univers.

Soient *ijkl* les indices d'Univers, et désignons par *uvw* une permutation circulaire des indices d'espace 123 (l'indice de temps étant alors explicitement 4). Soient x_i les coordonnées d'Univers d'un point matériel ($x_4 = ict$), et p_i celles du quadrivecteur impulsion-masse qui lui est attaché ($p_u = mv_u$, $p_4 = icm$). Les trois composantes S_{uv} du tenseur antisymétrique

$$S_{ij} = x_i p_j - x_j p_i$$

ne sont autres que les composantes habituelles du moment cinétique; les trois S_{uv} restent sans interprétation physique.

Admettons qu'une *densité de moment cinétique propre* doive être attachée à un certain *fluide*; en la multipliant par l'élément volumique $[dx_u dx_v dx_w]$ on doit retrouver le *moment cinétique propre* (*moment autour du centre de gravité*) dS_{uv} pour un petit élément fluide. Du moins ceci doit-il avoir lieu dans le *trièdre galiléen entraîné* (*axes liés au centre de gravité*).

En Relativité, les dS_{uv} appartiennent à un tenseur antisymétrique du second ordre dS_{ij}, et les éléments trilinéaires $[dx_i dx_j dx_k]$ sont les composantes d'un tenseur antisymétrique du troisième ordre; pour que l'opération précédente ait un sens tensoriel, il est nécessaire et suffisant de considérer dS_{ij} comme le produit contracté du tenseur $[dx_i dx_j dx_k]$ par un certain quadrivecteur σ_k; les trois composantes du *moment cinétique propre* recevront alors un terme additif en σ_4, et s'écriront

$$dS_{uv} = \sum_{i=1}^{i=4} \sigma_i [dx_u\, dx_v\, dx_i] = \sigma_w [dx_u\, dx_v\, dx_w] + \sigma_4 [dx_u\, dx_v\, dx_4].$$

Pour que, dans le système galiléen entraîné, les trois σ_v représentent une densité vectorielle au sens habituel, il est nécessaire et suffisant d'admettre que σ_4 s'y annule. Il suit de ce fait la relation que nous avons rappelée en commençant.

Le tenseur S_{ij} s'obtient comme intégrale triple de l'élément diffé-

rentiel dS_{ij}; on peut remarquer qu'il ne dépend d'aucun *centre de réduction* arbitrairement choisi dans l'espace, ce qui signifie que le *moment cinétique propre* S_{uv} est le moment d'un couple.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une interprétation géométrique de l'action du champ électromagnétique.* Note de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons les équations

$$(1)\qquad m_0 c\frac{d\xi_i}{d\tau}=F_{ik}\xi^k \qquad \text{ou} \qquad \frac{d\xi_i}{d\tau}=\frac{e}{m_0 c}F_{ik}\xi^k \qquad \left(i,\, k=1,2,3,4;\ \xi_i=\frac{dx_i}{d\tau}\right);$$

elles déterminent dans un système de référence galiléen la force de Lorentz agissant sur un point matériel de charge e et de masse propre m_0, qui passe au point (x^1, x^2, x^3, x^4), à l'instant propre τ, avec la vitesse d'univers ξ_i et se trouve soumis en ce point à un champ électromagnétique extérieur F_{ik} que nous supposerons tout d'abord constant et uniforme; posons

$$(2)\qquad \omega_{ik}=\frac{e}{m_0 c}F_{ik},$$

les ω_{ik} ayant les dimensions T^{-1}, nous obtenons les équations suivantes, où n'entrent que des grandeurs purement géométriques

$$(3)\qquad \frac{d\xi_i}{d\tau}=\omega_{ik}\xi^k;$$

elles signifient, au point de vue géométrique, que le vecteur ξ_i a subi une rotation spatio-temporelle infinitésimale de composantes ω_{ik}; ces dernières définissent un groupe G de rotations vectorielles provenant des six transformations infinitésimales de base

$$(4)\qquad X_{[i,k]}=\xi_i\frac{\partial}{\partial\xi_k}-\xi_k\frac{\partial}{\partial\xi_i}.$$

D'après un théorème connu, les ω_{ik} ne sont définis qu'à une homothétie près $\sum_{[i,k]}\omega_{ik}\frac{\partial}{\partial\omega_{ik}}$, en sorte que ω_{ik} et $\lambda\omega_{ik}$ représentent dans l'espace des ω_{ik} la même grandeur; d'autre part, nous pouvons supposer que le temps propre τ n'est lui-même défini qu'à un facteur de jauge $1/\mu$ près, qui

transforme l'intervalle d'univers $ds = c\,d\tau$ en $1/\mu.ds$; (3) s'écrit alors

(5) $$\frac{d\xi_i}{d\tau} = \frac{\lambda}{\mu}\omega_{ik}\xi^k;$$

on pourra identifier (1) et (5) en posant

(6) $$\omega_{ik} = \chi F_{ik}; \qquad \frac{e}{m_0 c} = \frac{\lambda}{\mu}\chi;$$

les λ et μ sont des nombres sans dimensions, χ une nouvelle constante universelle de dimensions $e/m_0 c$, qui doit être égale, à un facteur numérique près, à la racine carrée de la constante newtonienne de la gravitation, divisée par c (¹).

Le mouvement du point matériel électrisé dans un champ électromagnétique constant et uniforme est alors décrit entièrement par le groupe des rotations vectorielles (4) et les deux homothéties infinitésimales

$$\sum_{[i,k]}\omega_{ik}\frac{\partial}{\partial\omega_{ik}} \qquad \text{et} \qquad \sum_i x^i\frac{\partial}{\partial x^i};$$

on peut donc donner une interprétation géométrique satisfaisante de l'action exercée par le champ électromagnétique en imaginant, non pas comme Einstein et Weyl une généralisation de la structure de l'espace-temps, mais une généralisation du principe galiléen de l'inertie, telle que le mouvement du point matériel libre par rapport à un système galiléen ne soit plus donné en général par la condition classique d'équipollence vectorielle

(7) $$\frac{d\xi_i}{d\tau} = 0 \qquad \left(\xi_i = \frac{dx_i}{d\tau}\right),$$

c'est-à-dire par le groupe des translations ponctuelles, mais par les transformations infinitésimales

$$\xi^i\frac{\partial}{\partial\xi^k} - \xi^k\frac{\partial}{\partial\xi^i}, \qquad \sum_{[i,k]}\omega_{ik}\frac{\partial}{\partial\omega_{ik}}, \qquad \sum x^i\frac{\partial}{\partial x^i};$$

l'intervention du champ électromagnétique comme entité physique devient alors superflue.

Les transformations infinitésimales

$$\xi^i\frac{\partial}{\partial\xi^k} - \xi^k\frac{\partial}{\partial\xi^i} \qquad \text{et} \qquad \sum_i x^i\frac{\partial}{\partial x^i}$$

(¹) J. MARIANI, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1247.

peuvent être également regardées comme définissant les changements de systèmes de référence propres et les changements de jauge; si l'on pose dans (1) $\varpi_{ik} = \omega_{ik} d\tau$, de façon à ne pas expliciter la nature physique du paramètre dont on veut se servir, on obtient

$$d\xi_i = \varpi_{ik} \xi^k; \tag{8}$$

les transformations ainsi définies sont aptes à décrire les changements de systèmes de coordonnées qui proviennent du passage d'un repère galiléen à un autre; en effet, posons tout d'abord, par exemple :

$$\begin{cases} \varpi_{14} = \varpi_{24} = \varpi_{34} = 0 & \text{et} \quad \varpi_{12} = \omega_{12}\, d\alpha = p_3\, d\alpha, \\ \varpi_{23} = 0, & \qquad \varpi_{31} = 0, \end{cases} \tag{9}$$

α étant l'angle dont le système d'axes spatiaux rectangulaires a tourné autour de l'axe des z dans le sens direct; il en résulte bien par intégration un changement de système de coordonnées ponctuel, décrit par la rotation spatiale infinitésimale

$$\frac{dx_1}{d\alpha} = p_3 x_2 + u_1, \quad \ldots. \tag{10}$$

Posons maintenant

$$\varpi_{12} = \varpi_{31} = \varpi_{23} = 0 \quad \text{et} \quad \varpi_{14} = \omega_{14}\, d\beta, \quad \varpi_{24} = \omega_{24}\, d\beta, \quad \varpi_{34} = \omega_{34}\, d\beta,$$

β étant le rapport de Lorentz $\beta = v/c$; pour les valeurs particulières $\omega_{14} = i$, $\omega_{24} = \omega_{34} = 0$, on obtient

$$\frac{d\xi_1}{d\beta} = -\xi_4, \quad \frac{d\xi_4}{d\beta} = -\xi^1 \quad \text{ou} \quad \frac{dx^1}{d\beta} = -x^4 + c_1, \quad \frac{dx^4}{d\beta} = -x^1 + c_2, \tag{11}$$

ce qui donne la transformation spéciale de Lorentz, sous forme infinitésimale; dans notre théorie, c'est donc le même groupe vectoriel de rotations qui décrit les changements de systèmes de référence propres et les mouvements naturels, à la condition de spécifier chaque fois la nature physique du paramètre dont on se sert; ce groupe constitue donc un groupe fondamental au sens de F. Klein, qui permet de décrire aussi bien les changements de systèmes de référence de l'univers de Minkowski que le mouvement du point matériel libre, l'image cinématique d'un tel groupe étant un mouvement permanent défini par ses équations différentielles exprimées en fonction du temps propre.

Dans le cas général, notre point de vue reste valable au voisinage de tout point d'univers (x^r) où le champ extérieur F_{ik} a la valeur $F_{ik}(x^r)$, le mobile passant en ce point à l'instant propre τ avec la vitesse d'univers ξ_i.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau générateur électromagnétique de haute tension continue.* Note [1] de M. **Marcel Pauthenier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour diverses recherches et applications dans le domaine des tensions moyennes, il serait utile de substituer aux anciennes machines électrostatiques un générateur qui débite un courant assez important. L'appareil décrit ci-après répond très simplement à cette condition.

Les éléments de cette machine sont : un rupteur d'allumage d'automobile, une bobine de rupteur à primaire fortement isolé, un petit kénotron non isolé, un condensateur égaliseur de tension. Un petit moteur (1/50 CV) entraîne le rupteur.

Le montage est conforme au schéma ci-dessous (*fig.* 1). A chaque fonc-

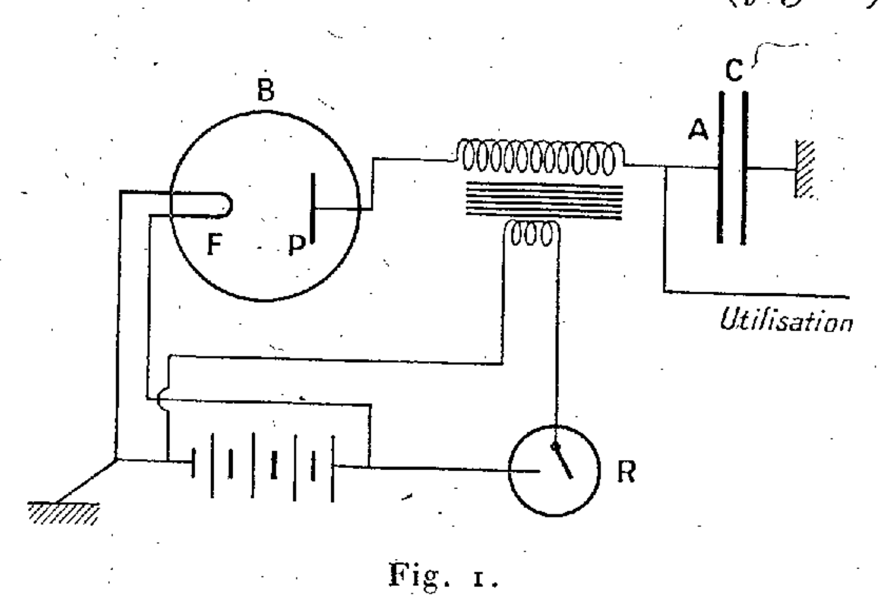


Fig. 1.

tionnement du rupteur, le secondaire de la bobine est, comme on sait, le siège de deux f. é. m. inverses $+e_1$ et $-e_2$ correspondant respectivement à l'établissement et à la rupture du courant primaire. On utilise la f. é. m. $-e_2$, la plus élevée en valeur absolue, pour charger l'armature isolée A du condensateur C. L'autre extrémité du secondaire est connectée à la plaque P d'un petit kénotron B dont le filament F est *à la terre*, et chauffé par la même batterie d'accumulateurs qui alimente le rupteur. *Ce dispositif ne nécessite donc aucun transformateur de chauffage à secondaire isolé.*

Si l'on ne demande aucun courant à l'appareil, l'armature A prend par rapport à la terre le potentiel $-e_2$, la f. é. m. e_1 de sens inverse ne pouvant donner lieu à aucun courant électronique entre la plaque P et le filament F.

---

[1] Séance du 28 novembre 1940.

Les diverses pièces mentionnées ci-dessus se trouvent couramment dans le commerce. Seule la bobine du rupteur, dont le primaire a normalement un point commun avec le secondaire, exige une modification. Après avoir enlevé le boîtier métallique on introduit fer et enroulement secondaire dans un tube de bakélite où l'on coule du brai après avoir ménagé les sorties. On bobine ensuite sur le tube de bakélite l'enroulement primaire (environ 250 tours de fil 9/10).

Voici les résultats obtenus dans un montage réalisé au laboratoire avec un rupteur de moteur quatre cylindres alimenté normalement sous 6 volts.

1° *Sans débit notable :* primaire 6 volts; secondaire 25 KV continu. Primaire 8 volts; secondaire 30 KV continu.

2° *Cas extrême : A débite sur une grande résistance;* primaire 6 volts; secondaire 4,4 KV continu; courant 0,6 milliampère.

Primaire 8 volts; secondaire 6 KV, courant 1 milliampère.

Les résultats ci-dessus sont, dans de larges limites, indépendants de la vitesse de rotation, comme le montre la caractéristique ci-dessous (*fig.* 2) relevée dans le cas 2° (primaire 6 volts).

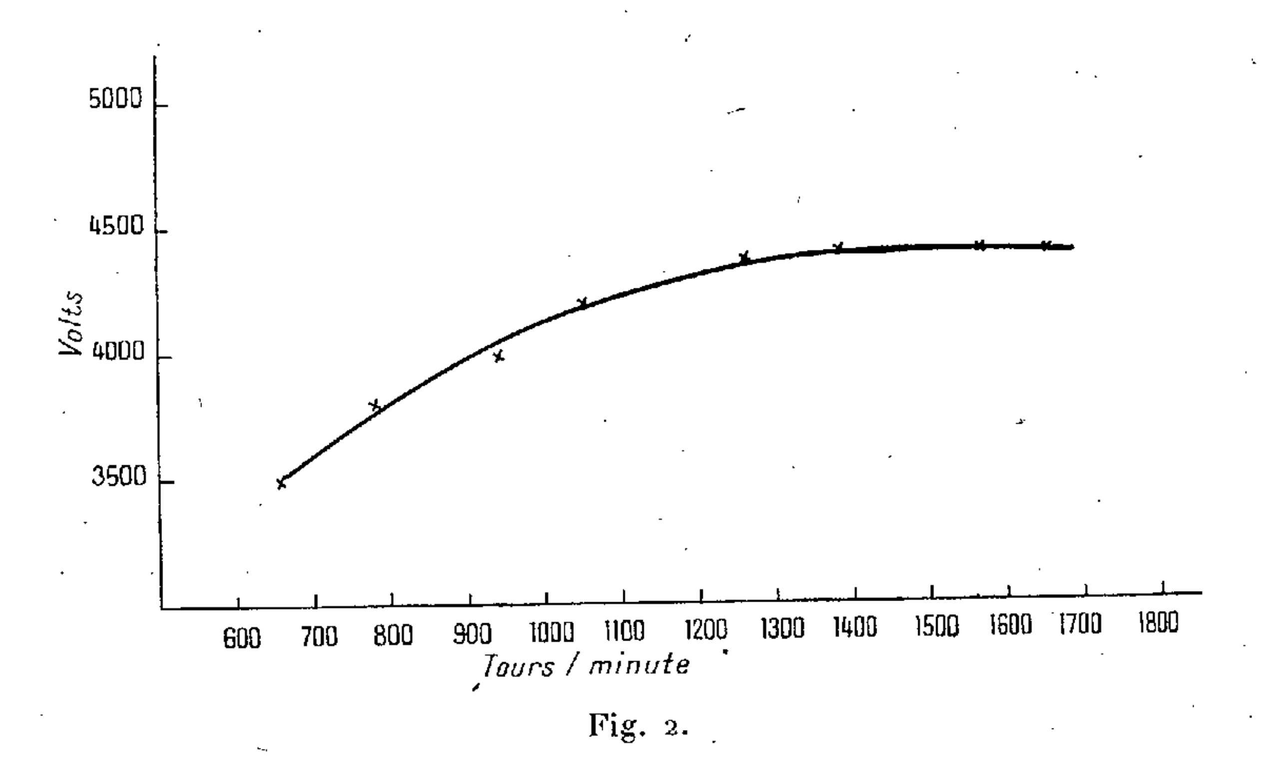


Fig. 2.

L'examen oscillographique, fait dans le cas de $C = 1/2\ \mu F$, montre que les écarts de tension par rapport à la valeur moyenne sont, pour les pointes de très courtes durées, de 8 °/₀₀ et, pour le reste de la courbe, inférieurs à 2 °/₀₀.

On réalise ainsi un générateur de haute tension très robuste, dont toutes les pièces ont fait industriellement leurs preuves.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du chlorure de l'acide diméthylacrylique avec les dérivés aromatiques. Synthèse de diméthylvinylarylcétones.* Note [1] de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai montré [2] que la condensation du chlorure de l'acide diméthylacrylique avec le benzène, en présence de chlorure d'aluminium, donnait uniquement de la diméthylvinylphénylcétone, contrairement à celle du chlorure de l'acide acrylique qui donne directement de l'hydrindone par suite d'une cyclisation, comme l'avait montré Ch. Moureu.

Il était intéressant de rechercher si cette réaction était générale ou si, au contraire, on pouvait accéder à des hydrindones avec certains dérivés du benzène. L'expérience vient de montrer qu'avec toute une série de dérivés benzéniques la réaction envisagée s'arrête toujours au premier stade pour donner une cétone du type (I), et que la cyclisation ultérieure en hydrindone du type (II) est impossible.

$C_6H_5{-}CO{-}CH{=}C(CH^3)_2$ (I). — CO, CH^2, $C(CH^3)_2$ (II).

Avec les homologues du benzène on constate que, suivant une règle assez générale, la condensation du chlorure diméthylacrylique est plus aisée et les rendements plus élevés. Alors qu'avec le benzène, en opérant selon la technique de notre première Note, c'est-à-dire en faisant réagir une molécule de chlorure sur douze de benzène on n'obtient qu'un rendement de 40 %, on obtient facilement avec les homologues du benzène des rendements de 75 % et même 90 %.

Le toluène donne une cétone distillant à 154°-156° sous 15mm; le métaxylène une cétone distillant à 155°-156°; l'éthylbenzène une cétone distillant à 168°-170°; l'isopropylbenzène une cétone distillant à 162°; le tertiairebutylbenzène à 180°-184° (sous 15mm).

Le chlorure diméthylacrylique se condense également très facilement avec les éthers de phénols à l'aide d'une technique semblable.

---

(1) Séance du 4 novembre 1940.
(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 766.

Dans une solution de 6^{mol} de l'éther et 1^{mol} du chlorure maintenue au-dessous de $+5°$, on ajoute lentement 1^{mol} de $AlCl^3$ en poudre fine. Il se forme ainsi une solution fortement colorée en jaune, vert ou rouge suivant les cas (halochromie), mais il ne se dégage pas de HCl. On fait alors le vide pour déterminer le départ de HCl, puis on verse sur glace; à ce moment le mélange se décolore. Après lavage à l'eau et à la soude diluée on rectifie au vide pour séparer la cétone de l'excès de l'éther phénolique.

Avec le phénate de méthyle on obtient une cétone distillant à 182°-185° sous 12^{mm}; l'éther méthylique de l'orthocrésol donne une cétone distillant à 188°-190° sous 12^{mm} et fondant à 29°,5; le paracrésolméthyléther une cétone distillant à 182°-184° sous 12^{mm}; le vératrol une cétone distillant à 188°-190° sous 6^{mm}; l'éther diméthylique de la résorcine une cétone distillant à 188°-190° sous 6^{mm}.

Toutes ces cétones sont remarquablement stables, ne se cyclisent pas, ne donnent ni oxymes ni phénylhydrazines et se conservent facilement sans polymérisation.

Par contre elles fixent facilement H^2 pour donner, suivant la nature du catalyseur employé, la cétone saturée correspondante, l'alcool secondaire et enfin le carbure. Elles fixent de même le brome pour donner des dibromures qui, traités par des bases, sont susceptibles de donner les réactions suivantes qui amènent finalement à des dicétones α :

$$C_6H_5-CO-CHBr-CBr(CH^3)_2 \rightarrow C_6H_5-CO-CBr=C(CH^3)_2 \rightarrow C_6H_5-CO-C(OH)=C(CH^3)_2$$

Ces réactions intéressantes seront le sujet d'un travail ultérieur plus étendu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure des sels d'acridinium et de leurs dérivés d'après leurs spectres d'absorption. Sur la tautomérie de ces composés.* Note [1] de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Marcel Delépine.

La connaissance de la structure des sels d'acridinium et de leurs dérivés est intéressante non seulement par les transpositions intramoléculaires

---

[1] Séance du 28 octobre 1940.

qu'ils subissent, mais surtout parce qu'ils constituent les substances de base d'une série de composés importants (colorants, produits thérapeutiques). Or, bien que ces substances aient été chimiquement très étudiées, leurs structures (sur lesquelles je poursuis des recherches) sont encore discutées et leurs transformations intramoléculaires sont mal connues.

Les sels sont, le plus souvent, représentés par (I) (en prenant comme exemple l'iodure de N-méthyl-phénylacridinium) et la base correspondante par (II) ou (III) ([2]). Cette base donne, avec l'alcool et avec HCN, des combinaisons, incolores à l'état solide, auxquelles on attribue respectivement les formules (VI) et (VIII).

(I)	(II)		(III)	(IV)
I, CH^3 sur N ; C^6H^4 ⟨N, C⟩ C^6H^4 ; C^6H^5–C	CH^3 sur N ; C^6H^4 ⟨N, C⟩ C^6H^4 ; C^6H^5–C–OH	⇌	HO, CH^3 sur N ; C^6H^4 ⟨N, C⟩ C^6H^4 ; C^6H^5–C	CH^3 sur N ; C^6H^4 ⟨N, CH⟩ C^6H^4 ; C^6H^5–CH

Si, de façon assez générale, on admet que les bases ([3]), les alcoolates et les nitriles ont, lorsqu'ils se forment, la structure acridinium, puis qu'ils s'isomérisent ensuite en dérivés de l'acridane (IV), il ne semble pas que, jusqu'ici, l'existence d'un équilibre entre les deux formes ait été envisagée.

En ce qui concerne l'étude de l'absorption de ces corps, il n'y a lieu de signaler que les déterminations (qualitatives) faites par Dobbie et Finkler ([4]) sur le sel (I) et sa base. Ils ont observé que le sel et la base avaient des spectres très différents, que celui de la base ressemble au spectre d'un acridane, et que, par suite, ce composé a la constitution d'un acridol (II).

J'ai étudié l'absorption (dans l'ultraviolet et le visible) des sels d'acridine, de phénylacridine, de N-méthyl-phénylacridinium (chlorure et iodure) ainsi que la base, l'alcoolate et le nitrile de ce dernier composé.

Ces substances ont été soumises à l'analyse spectrale, en solution dans l'eau, l'alcool, le dioxane; en milieu neutre et en présence d'acide chlorhydrique à diverses concentrations, lorsque leur solubilité était suffisante.

Les résultats obtenus (dont quelques-uns se trouvent résumés par les courbes d'absorption tracées sur les figures 1, 2, 3) ont permis d'établir que :

([2]) Bernthsen et Bender, *Ber. d. chem. Ges.*, 16, 1883, p. 1802.

([3]) Hantzsch et Kalb, *Ber. d. chem. Ges.*, 32, 3, 1889, p. 109.

([4]) *Proc. Chem. Soc.*, 21, 1904, p. 74.

1° La salification de la fonction azotée de l'acridine est accompagnée d'une variation importante d'absorption (effet bathochrome, apparition de nouvelles bandes). La dissociation que subissent les sels d'acridinium

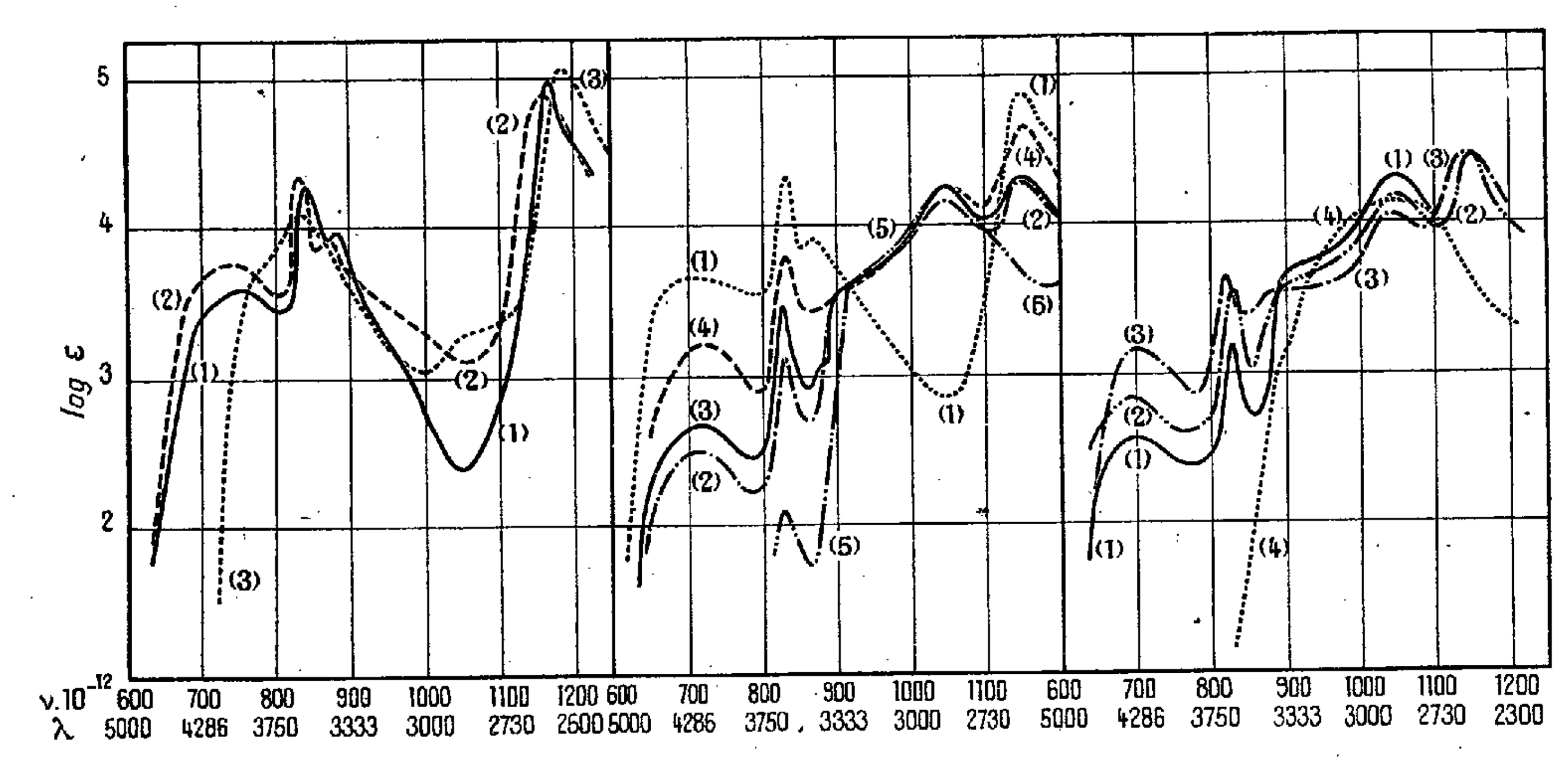


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — (1) chlorhydrate d'acridine; (2) chlorhydrate de phénylacridine dans ClH alcoolique N/2; (3) phénylacridine dans l'alcool neutre.

Fig. 2. — N-méthyl-phénylacridonium : (1) chlorure N/2000; (2) hydrate N/100; (3) hydrate N/2000; (4) hydrate N/20000 (dans l'alcool); (5) hydrate dans le dioxane.

Fig. 3. — Alcoolate de N-méthyl-phénylacridonium : (1) dans l'alcool N/2000; (2) dans l'alcool N/20000; (3) dans le dioxane; (4) phénylacridane dans l'alcool.

en milieu neutre augmente quand on passe du sel de N-méthyl-phénylacridinium au sel d'acridine et de ce dernier au sel de phénylacridine.

2° L'introduction d'un radical, dans la molécule d'un sel d'acridine, sur le carbone ou sur l'N en méso, ne modifie pas l'absorption de ce sel d'une manière importante. La forme des bandes reste sensiblement la même, il se produit seulement un déplacement de l'absorption vers le visible et une augmentation de la sensibilité de la molécule à l'absorption.

3° *Les dérivés du* N-*méthyl-phénylacridinium* (base, alcoolate, nitrile) *se trouvent en solution, en équilibre sous deux formes transformables l'une en l'autre réversiblement.* Les proportions respectives de ces formes varient avec le solvant, la concentration, le pH..., et dépendent aussi de la nature du groupe qui migre au cours de l'isomérisation (*voir* les figures 2 et 3).

L'une de ces formes est colorée et possède le même spectre (forme et position des bandes), et par suite la même structure que le sel, c'est-à-dire

la forme orthoquinonique. En sorte que l'on peut représenter les formes colorées de la base, de l'alcoolate et du nitrile respectivement par les formules (III), (V) et (VII).

L'autre forme est incolore et son spectre ressemble à celui du phénylacridane (voir *fig.* 2 et 3). D'après cela, on peut attribuer aux formes incolores, tautomères des composés (III), (V), (VII), la constitution de dérivés du N-méthylacridane (IV) et les représenter respectivement par (II), (VI) et (VIII).

$$\text{(V)}\quad CH^3.CH^2.O{>}N{<}CH^3,\ C^6H^4{<}\ {>}C^6H^4,\ {>}C{<},\ C^6H^5 \rightleftharpoons N{<}CH^3,\ C^6H^4{<}\ {>}C^6H^4,\ C^6H^5{>}C{<}O.CH^2.CH^3 \quad \text{(VI)}$$

$$\text{(VII)}\quad CN{>}N{<}CH^3,\ C^6H^4{<}\ {>}C^6H^4,\ {>}C{<},\ C^6H^5 \rightleftharpoons N{<}CH^3,\ C^6H^4{<}\ {>}C^6H^4,\ C^6H^5{>}C{<}CN \quad \text{(VIII)}$$

La détermination de l'absorption de tous ces composés, ainsi que la connaissance des métamorphoses qu'ils sont susceptibles de subir, doivent contribuer de façon importante à préciser la structure des colorants acridiniques, d'après leurs spectres d'absorption.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action de l'oxygène sur la production de corps en* C^4 *et en* C^2 *par un anaérobie strict.* Note de MM. **Eugène Aubel** et **Émile Perdigon**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'étude de l'action de l'air sur *Clostridium butyricum* a déjà conduit à l'hypothèse que l'oxygène en se fixant sur certains métabolites, en particulier l'hydrogène, interdit les synthèses nécessaires à la croissance (¹). Ceci nous a amenés, dans le présent travail, à évaluer comparativement en présence et en absence d'air la quantité d'alcool éthylique, d'acide acétique, d'alcool butylique et d'acide butyrique formés. Nous partions de bactéries cultivées et préparées comme il a déjà été indiqué. Les expériences se faisaient sur 50^{cm^3} de suspension renfermant environ 150^{mg} de bactéries sèches et 500^{mg} de glucose. On laissait le mélange 24 heures

(¹) Eugène Aubel et Jacques Houget, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 259.

au thermostat, en agitant continuellement, puis on dosait les produits formés, les acides par la méthode de Virtanen et Pulki vérifiée par la méthode de Duclaux, les alcools par la méthode de Johnson, l'acétone par la méthode classique à l'iode. Nous dirons tout de suite que la quantité d'acétone formée était faible, de l'ordre de 2^{mg}, aussi bien en aérobiose qu'en anaérobiose. La quantité de glucose consommée était nettement plus élevée dans les milieux sans air, où tout le glucose disparaissait, qu'à l'air où la quantité disparue était de 250^{mg}, en moyenne, soit moitié moins. En ce qui concerne les acides et les alcools, voici un tableau résumant quatre de nos expériences; les produits formés sont indiqués en molécules par molécule de sucre disparue.

		Alcools		Acides	
N°.	Conditions.	éthylique.	butylique.	acétique.	butyrique.
1.	Air.........	0,14	0,07	1,83	0,0
	Vide........	0,07	0,22	0,12	0,39
2.	Air.........	0,09	0,10	0,43	0,11
	Vide........	traces	0,13	0,35	0,29
3.	Air.........	0,13	0,14	1,04	0,0
	Vide........	traces	0,25	0,51	0,22
4.	Air.........	0,22	0,08	1,15	0,0
	Vide........	traces	0,11	0,29	0,23

Ceci nous permet de faire la somme des corps en C^2 et C^4 formés et d'établir le rapport des corps en C^4 synthétisés aux corps en C^2 qui sont les produits normaux de la dégradation du glucose.

N°.	Conditions.	Corps en C^2.	Corps en C^4.	Rapport C^4/C^2.
1.	Air...............	1,97	0,07	0,035
	Vide.............	0,19	0,61	3,22
2.	Air...............	0,52	0,21	0,40
	Vide.............	0,35	0,42	1,20
3.	Air...............	1,17	0,14	0,105
	Vide.............	0,51	0,47	0,92
4.	Air...............	1,37	0,08	0,06
	Vide.............	0,29	0,34	1,17

Ce tableau permet d'établir le rapport moyen des corps synthétisés aux corps en C^2. Il est de 0,15 dans l'air et de 1,63 dans le vide. On voit qu'il y a davantage de corps synthétisés dans le vide que dans l'air.

Si l'on remplace le glucose par l'acide pyruvique, les résultats sont encore plus nets.

		Alcools		Acides		
N°.	Conditions.	éthylique.	butylique.	acétique.	butyrique.	Rapport.
1.	Air......	traces	traces	1,11	0,0	0,0
	Vide.....	0,08	traces	1,14	0,29	0,24
2.	Air......	0,02	traces	1,23	traces	0,0
	Vide.....	0,03	0,05	1,31	0,10	0,11
3.	Air......	0,03	traces	0,62	0,0	0,0
	Vide.....	0,07	0,08	1,20	0,05	0,09

Il n'y a pratiquement plus de corps synthétisés à l'air, et si l'on calcule le rapport moyen des acides formés aux alcools formés dans l'air et dans le vide, on trouve 60 dans l'air et 13 dans le vide. On voit que la proportion d'acides est supérieure en aérobiose.

Ainsi, en ce qui concerne les corps en C^4, l'air agit de deux façons :

1° en entravant l'action de la carboligase, diastase synthétisante;

2° en entravant la formation d'alcools, c'est-à-dire les hydrogénations.

Ces faits cadrent avec l'hypothèse suivant laquelle les anaérobies sont mal tamponnés contre l'action de l'oxygène qui leur impose un potentiel d'oxydo-réduction incompatible avec les synthèses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formation de phénylcrotonaldéhyde par plusieurs transpositions du type hydrobenzoïnique effectuées à froid ou à température peu élevée.* Note de M. **Yves Deux**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

MM. M. Tiffeneau et P. Weill (1) ont montré que la déshydratation du phénylvinylglycol par chauffage avec SO^4H^2 dilué donne lieu à une transposition hydrobenzoïnique type, avec formation d'α-phénylcrotonaldéhyde, résultant vraisemblablement de l'isomérisation du phénylvinylacétaldéhyde initialement formé

$$\begin{matrix} C^6H^5-CHOH \\ | \\ CH^2=CH-CHOH \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^2=CH \end{matrix}\!\!>\!CH-CHO \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3-CH \end{matrix}\!\!>\!C-CHO.$$

(1) *Comptes rendus*, 200, 1937, p. 1217.

Nous avons, avec Mlle Abragam [2], observé une transposition analogue en isomérisant, par catalyse à 250°, l'époxyde correspondant, c'est-à-dire sans faire intervenir, comme dans la réaction précédente, l'acide sulfurique dont on connaît l'aptitude à déplacer les doubles liaisons. Il était intéressant de rechercher si ce déplacement de la double liaison se produirait encore en effectuant l'isomérisation de l'époxyde à une température plus basse, notamment par action de l'éthérate de bromure de magnésium à la température de 110-115° ou, mieux encore, en recourant à deux autres transpositions du même type qui ont lieu à froid : la déshalogénation argentique de l'iodhydrine correspondante et la désamination nitreuse de l'aminoalcool préparé à partir de cette iodhydrine ou de l'époxyde ci-dessus. Dans les trois cas on a obtenu l'aldéhyde phénylcrotonique et non le phénylvinylacétaldéhyde.

Au cours de ce travail nous avons eu l'occasion de confirmer à nouveau la stucture du phénylvinylépoxyéthane que nous avions établie par sa réduction catalytique en phényl-1 butanol-1 [2]; nous avons réussi à hydrater cet époxyde par chauffage avec ClH très dilué en le glycol correspondant, le phényl-1 butanediol-1-2 (F. 43°, $Éb_{15}$ 164°), identique au diastéréoisomère déjà décrit [1]; le mélange des deux échantillons fond au même point.

1° *Isomérisation du phénylvinylépoxyéthane par l'éthérate de* Br^2Mg. — On fait tomber peu à peu 9g de brome dans l'éther anhydre (60^{cm^3}) recouvrant 1g,5 de Mg; on introduit ensuite goutte à goutte et en agitant fréquemment 4g,5 d'époxyde obtenu comme précédemment [2] par action de la potasse sur la chlorhydrine résultant de l'addition de ClOH au phénylbutadiène. On chauffe une heure au bain-marie, puis on évapore l'éther et porte pendant 10 minutes au bain d'huile à 110-115° (la masse se boursouffle). On décompose par l'eau et entraîne à la vapeur; le produit entraîné fournit une semicarbazone (F. 213°) et une oxime (F. 111°) identifiées avec celles du phénylcrotonaldéhyde.

2° *Désamination nitreuse du phényl-*1 *amino-*2 *butène-*3 *ol-*1. — Cet aminoalcool a été obtenu en faisant agir en tube scellé un grand excès d'ammoniaque (30^{cm^3} de solution saturée à −5°) sur l'époxyde ci-dessus (10g); après refroidissement on épuise par ClH dilué; la solution acide, lavée à l'éther, est alcalinisée par un grand excès de potasse (qui diminue la grande solubilité dans l'eau de l'aminoalcool), puis on épuise à l'éther. L'aminoalcool obtenu se décompose par distillation dans le vide; son picrate fond à 185° (bloc Maquenne), mais ses autres sels et son iodométhylate sont huileux. Pour effectuer la désamination, on dissout 2g d'aminoalcool

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 285.

huileux ($0^{mol},01$) dans 66^g d'acide acétique dilué (25 %). On refroidit à 0° et l'on fait tomber goutte à goutte $2^g,5$ ($0^{mol},03$) de nitrite de sodium dissous dans 15^{cm^3} d'eau; il se dégage de l'azote. On épuise à l'éther, lave au bicarbonate, puis à l'eau, et l'on filtre. Après l'évaporation de l'éther, il reste un résidu qu'on entraîne à la vapeur d'eau et qui fournit une semicarbazone (F. 213°) et une oxime (F. 110°) qui ont été identifiées avec les précédentes.

3° *Déshalogénation argentique de l'iodhydrine du phénylvinylglycol.* — Cette iodhydrine est préparée à partir du phényl-1 butadiène-1.3 (20^g) dissous dans 100^g d'éther lavé à l'eau et contenant 17^g d'oxyde jaune de mercure; on ajoute lentement, en refroidissant, 39^g d'iode pulvérisé. La solution éthérée, lavée au bisulfite, puis à l'eau, est agitée pendant 2 heures avec une solution concentrée d'azotate d'argent. On filtre et la solution éthérée, lavée, puis séchée, est évaporée. On entraîne le résidu à la vapeur d'eau et le produit entraîné fournit la semicarbazone (F. 213°) et l'oxime (F. 110°) caractéristiques du phénylcrotonaldéhyde.

Conclusions. — L'isomérisation du phénylvinylépoxyéthane par l'éthérate de bromure de magnésium, vers 110-115°, ainsi que deux autres réactions transpositrices appartenant au même type hydrobenzoïnique et effectuées à froid à partir de l'iodhydrine (déshalogénation argentique) et de l'aminoalcool correspondants (désamination nitreuse), fournissent le phénylcrotonaldéhyde et non le phénylvinylacétaldéhyde.

MINÉRALOGIE. — *Sur la magnétite d'un gisement de fer de substitution de l'Ariège.* Note de MM. E. **Raguin** et R. **Zvéreff**, présentée par M. François Grandjean.

Dans les gîtes métallifères on sait que la magnétite se forme habituellement à température élevée, notamment dans les contacts de roches éruptives et dans les filons hydrothermaux de faciès profond. Cependant elle peut aussi se former en de tout autres conditions et à plus basse température. Nous en avons rencontré un exemple dans le groupe des gîtes de fer de substitution de l'Ariège, échelonnés sur 15^{km}, depuis Château-Verdun jusqu'au Rancié, près Vicdessos. Il s'agit d'amas irréguliers d'hématite ou de limonite, pouvant passer à de la sidérose en profondeur, dans les calcaires primaires. Nous avons étudié dans ce groupe le minerai de la carrière de Roquelaure, près Urs, sur l'Ariège.

L'amas, grossièrement interstratifié dans les couches verticales, a plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Le minerai consiste essentiellement en oligiste, tantôt massif de grain très fin, tantôt spéculaire.

Un peu de pyrite forme çà et là de petites masses ovoïdes dans l'oligiste ou la gangue calcaire, parfois nettement en bordure des concentrations d'oxyde de fer. Nous avons examiné ce minerai, en sections polies et en plaques minces, au microscope.

Le minerai courant est compact, de grain fin, et consiste en un feutrage de lamelles d'oligiste microscopiques. Les cristaux de pyrite sont parfois limités par des lamelles d'oligiste plus grandes appliquées contre la pyrite. Ils sont antérieurs au développement de l'oligiste. D'autres échantillons de minerai sont d'un oligiste spéculaire très pur et largement cristallisé. Certains, provenant de grosses veinules minéralisées pénétrant dans la gangue, contiennent une forte proportion de magnétite, comme on le constate par le magnétisme. Au microscope la magnétite apparaît sous forme de tablettes plates intercalées entre les grandes lamelles d'oligiste. Par une attaque à l'acide chlorhydrique concentré, les clivages octaédriques de la magnétite se dessinent. Ils sont généralement orientés symétriquement par rapport à l'allongement des tablettes coupées normalement par la surface polie de la préparation. Cette disposition suggère qu'il s'agit de tablettes dont le plan d'aplatissement contient deux axes quaternaires du réseau cubique de la magnétite. Elle serait analogue à la disposition des empilements octaédriques à orientation parallèle des cristaux élémentaires de magnétite, empilements décrits par M. A. Lacroix sur des échantillons macroscopiques venant du Roc de Cuzeau, Puy-de-Dôme ([1]). Les tablettes de magnétite ont souvent une allure indépendante et sont distinctes des lames d'oligiste juxtaposées. Parfois elles sont pénétrées de fines lamelles d'oligiste qui se séparent des empilements d'oligiste spéculaire juxtaposés, tout en restant sensiblement parallèles. Il y a ainsi compénétration des deux minéraux qui semblent avoir cristallisé simultanément. Cependant on observe, çà et là, de très fins vermicules d'oligiste s'insinuant dans la magnétite, à l'occasion suivant les clivages : ils indiquent un début de martitisation dont le rôle est accessoire. Il ne s'est pas développé de minéralisation particulière dans les gangues, sauf du quartz et de la chlorite.

D'après ces constatations et d'après les caractères généraux des gîtes de fer de substitution de la région, nous pensons qu'il faut chercher l'origine de la magnétite dans des réactions à basse température, semblables à celles étudiées par M. Kuhara ([2]). Cet auteur a montré expérimentalement la

---

([1]) *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, 4, p. 327, Paris, 1910.

([2]) *Japanese Journal of Geology and Geography*, 4, I-II, 1925, p. 3.

possibilité de précipiter de la magnétite et de l'oligiste à basse température, à partir de solutions chlorurées ou sulfatées mises en présence des hydroxydes de fer, de calcite, de sidérose, de silicates ferriques ou ferreux, ou de chlorite. Avec de la calcite pure se formerait de l'oligiste, mais, soit avec de la sidérose, soit avec une calcite un peu ferreuse, ou contenant des minéraux ferreux à l'état d'impuretés, de la magnétite se formerait aussi.

D'autre part P. Geoffroy et P. Charrin ([3]) ont constaté, lors de nombreuses prospections faites en France et en Algérie pour des minerais de fer en amas dans des calcaires, que ces minerais peuvent être fortement magnétiques, spécialement dans les parties minces où l'influence des épontes calcaires est immédiate, ou bien dans les parties qui étaient d'abord sous forme de sidérose. Ils pensent attribuer ce phénomène à une action hydrothermale postérieure à la formation de l'amas d'oxyde de fer.

Nos observations indiquent plutôt une formation simultanée de l'oligiste et de la magnétite, comme les expériences de M. Kuhara en montrent la possibilité. Il est à remarquer que la pyrite de Roquelaure est antérieure aux oxydes de fer et que des solutions sulfatées ont donc pu préexister à la cristallisation de ces oxydes. En accord avec la remarque de P. Geoffroy et P. Charrin, la magnétite se développe surtout dans les veines minces de fer spéculaire, c'est-à-dire près des épontes calcaires.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur les affinités et la phylogenèse du genre* Vallacerta, *Silicoflagellidée du Crétacé supérieur.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le genre *Vallacerta* a été créé en 1928 par G. D. Hanna ([1]), qui lui a reconnu des caractères le rapprochant nettement plus des Silicoflagellidées que des Diatomées. Grâce à l'étude du matériel original (Crétacé supérieur de Californie), j'ai pu, en 1936, placer sans hésiter *Vallacerta* dans les Silicoflagellidées [Les Flagellés fossiles (*Actual. Scient. et Ind.*, n° 335, Paris, 1936)], tout en attirant l'attention sur la position des épines de

([3]) *Bull. Service Carte géol. Algérie*, 4e série (Géophysique), 1, 1932, p. 1-200.

([1]) *Journ. of Paleontol.*, 1, IV, January 1928, p. 263.

soutien, non signalées par Hanna ni par Schulz ([2]). Tout récemment, Frenguelli ([3]) jette à nouveau un doute sur ses affinités et paraît enclin à rapprocher *Vallacerta* des Diatomées. Or la solution de ce problème revêt une grande importance quant à l'évolution des Silicoflagellidées.

Vallacerta hortoni (*fig.* 1), seule espèce du genre, n'est qu'un squelette siliceux formé d'un mince dôme pentagonal à surface ornementée, muni de cinq cornes creuses, portant chacune à sa base une courte épine de soutien. L'ornementation du dôme (*fig.* 1 et 5), inconnue jusqu'ici dans le

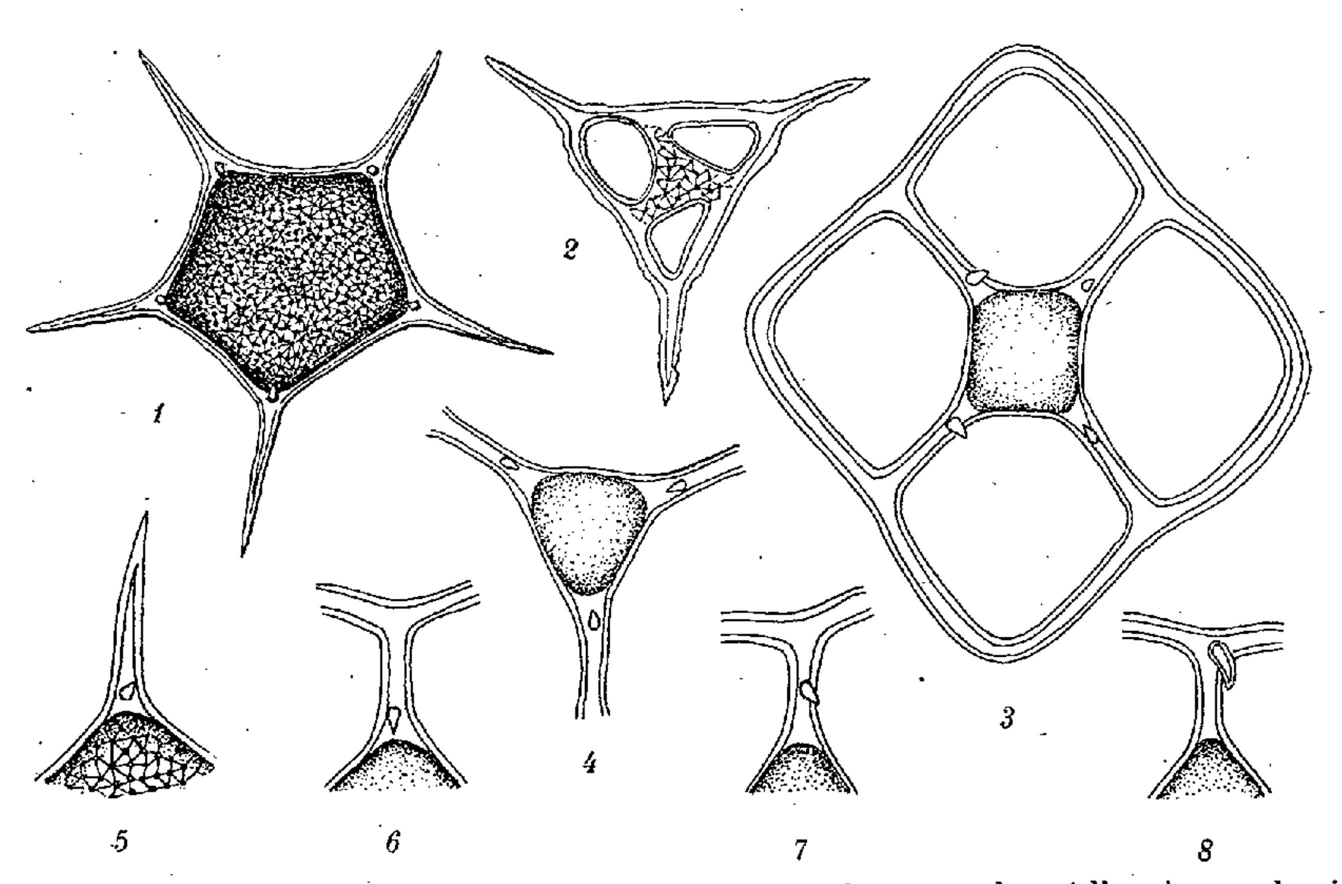


Fig. 1 à 8. — 1, *Vallacerta hortoni*; 2, *Dictyocha triacantha* sens. lat. (d'après un dessin communiqué par L. Rampi); 3, *Corbisema geometrica*; 4, aire apicale de *Corbisema geometrica*; 5, corne de *Vallacerta hortoni*; 6 à 8, trois positions des épines de soutien chez *Corbisema geometrica*. Grossissements : *fig.* 1, 450; *fig*, 2, 840; *fig*. 3 à 8, 635.

groupe (hormis *Vallacerta*), est semblable à celle de certaines Diatomées fossiles et se retrouve aussi chez des Archæomonadacées (*Archæomonas reticulosa* Defl., *A. Chiarugii* Rampi). Or une Silicoflagellidée indubitable du Tertiaire du Piémont (*fig.* 2) montre, dans sa partie centrale, une ornementation identique. Que l'on interprète cette forme comme une *variation atavique* ou comme une anomalie accidentelle, il n'en reste pas moins que l'ornementation de *Vallacerta* ne l'éloigne plus des Silicoflagellidées, mais, au contraire précise ses affinités.

([2]) *Botan. Arch.*, 21, II, 1928, p. 284 (*sub nom. Dictyocha siderea*).
([3]) *Rev. Mus. La Plata*, N. S., 2, secc. Paleontol., 1940, p. 67.

Jusqu'à présent, *Vallacerta hortoni* a été considérée comme constituée par un anneau basal, homologue de celui des *Dictyocha*, obturé dans la partie centrale par le dôme ornementé. L'étude des variations de *Corbisema geometrica* Hanna, autre Silicoflagellidée du même gisement, m'a conduit à une interprétation différente.

Corbisema possède la morphologie d'un *Dictyocha* à trois, parfois quatre côtés; au centre se trouve une plaque mince, bombée, que je nomme *aire apicale*. Cette aire apicale existe chez bien d'autres Silicoflagellidées. Les épines de soutien qui, dans toutes les espèces où elles sont connues jusqu'alors, étaient situées *sous l'anneau basal*, plus ou moins près des baguettes transversales, sont, dans la majorité des *Corbisema*, placées *sous les baguettes transversales* et *auprès de l'aire apicale* (*fig.* 3, 4 et 6). Très rarement ces épines occupent la position habituelle chez les *Dictyocha* (*fig.* 8), parfois aussi une position intermédiaire (*fig.* 7). Elles peuvent enfin faire défaut.

Le rapprochement des aires apicales de *Corbisema* (*fig.* 3 et 4) avec *Vallacerta* (*fig.* 1), ainsi que la sériation des épines de soutien (*fig.* 5 à 8), amènent à constater que *Vallacerta hortoni* correspond très exactement à une aire apicale d'une Silicoflagellidée voisine de *Corbisema*, mais pentaradiée. Or Schulz a décrit une variété *quadrata* de *Vallacerta* qui, taille et ornementation mises de côté, se superpose à l'aire apicale du spécimen de la figure 3. D'autre part j'ai montré en 1933 (4) que la disparition partielle de l'anneau basal de *Dictyocha* conduisait aux formes appelées *Cornua* par Schulz, démonstration entièrement confirmée par Frenguelli en 1934 (5) et par Hovasse en 1939 (6). C'est par un processus semblable, mais poussé jusqu'à la disparition complète de l'anneau basal, que l'on doit interpréter la genèse de *Vallacerta*.

Je considère donc *Vallacerta hortoni* comme un mutant d'une forme parente de *Corbisema*, mutant réduit à l'aire apicale et aux cornes issues des trabécules transversaux reliant originellement l'aire apicale à l'anneau basal. La transformation de ces derniers en cornes est d'ailleurs un phénomène très courant chez les Silicoflagellidées, où l'on peut poser en règle générale que, dès qu'une branche tubulaire se trouve tronquée dans la

---

(4) *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, 56, 1933, p. 371.
(5) *Not. prelim. Mus. La Plata*, 3, 1a, 1934, p. 221.
(6) *Bull. Soc. Zool. de Fr.*, 64, 1939, p. 326.

cellule vivante au cours de la reproduction, elle se referme et forme une pointe; ainsi, le squelette creux est toujours clos.

Deux hypothèses enfin peuvent expliquer la taille de *Vallacerta*, très supérieure à celle des aires apicales des espèces connues : soit un accroissement de la taille des mutants, soit au contraire une taille relativement élevée du géniteur, peut-être hypertélique, question sur laquelle je reviendrai ultérieurement.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 NOVEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 209 (juillet-décembre 1939) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

CALCUL VECTORIEL. — *Sur la formule du double produit vectoriel.* Note de M. **Jean Chazy**.

Soit à démontrer l'identité élémentaire

$$(\vec{a}\times\vec{b})\times\vec{c}=(\vec{a}.\vec{c})\vec{b}-(\vec{b}.\vec{c})\vec{a}, \tag{1}$$

où $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ sont trois vecteurs quelconques, où la parenthèse du premier membre désigne le premier produit vectoriel effectué, et où les parenthèses du second membre désignent deux produits scalaires.

Les trois termes sont homogènes par rapport à chacune des longueurs des trois vecteurs : il suffit de démontrer la formule (1) quand les trois vecteurs $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ ont pour longueur l'unité. Si le vecteur $\vec{c}$ est perpendiculaire aux deux vecteurs $\vec{a}$ et $\vec{b}$, il est parallèle au produit vectoriel $\vec{a}\times\vec{b}$, le premier membre et d'ailleurs les deux produits scalaires du second membre sont nuls : la formule (1) est vérifiée. Et comme, en outre, chacun des trois termes est distributif, il suffit de démontrer cette formule quand les trois vecteurs $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ sont dans un même plan P.

Le premier membre, produit vectoriel de deux vecteurs dont l'un est $\vec{c}$, est un vecteur perpendiculaire à $\vec{c}$: donc, si nous multiplions scalairement par $\vec{c}$ la formule (1), nous obtenons zéro au premier membre, et évidemment les deux termes obtenus au second membre se détruisent.

En second lieu multiplions vectoriellement la formule (1) par $\vec{c}$ comme premier vecteur, ou par $-\vec{c}$ comme second vecteur : ce qui équivaut à projeter cette formule sur la droite perpendiculaire à $\vec{c}$ dans le plan P; dans ce plan désignons par α et β les angles avec le vecteur $\vec{c}$ des vecteurs $\vec{a}$ et $\vec{b}$. Le produit vectoriel $\vec{a} \times \vec{b}$ a pour valeur algébrique $\sin(\beta - \alpha)$ sur l'axe D perpendiculaire au plan P : multipliant par $\vec{c}$, puis par $-\vec{c}$, on constate que l'on retrouve le même vecteur de valeur algébrique $\sin(\beta - \alpha)$ sur l'axe D. Au second membre de la formule (1) les produits scalaires $\vec{a}.\vec{c}$ et $\vec{b}.\vec{c}$ sont égaux à $\cos\alpha$ et $\cos\beta$, et les produits vectoriels $\vec{c} \times \vec{b}$ et $\vec{c} \times \vec{a}$ ont pour valeurs algébriques sur l'axe D $\sin\beta$ et $\sin\alpha$. D'où, après multiplication, la formule de soustraction classique

$$\sin(\beta - \alpha) = \cos\alpha \sin\beta - \cos\beta \sin\alpha.$$

Donc dans le plan P le premier terme de la formule (1) est identiquement la somme des deux termes du second membre, puisque la propriété appartient en valeurs algébriques à leurs projections sur deux axes rectangulaires.

L'identité (1) se trouve ainsi démontrée dans le cas général.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Phénolases et indophénolase chez les Champignons*. Note de M. **Henri Colin** et Mlle **Gilberte Legrand**.

Nombre de Champignons supérieurs, appartenant aux groupes les plus divers, se montrent capables d'oxyder le mélange d'α-naphtol et de diméthylparaphénylènediamine (par abréviation le nadi), avec formation de bleu de naphtol, réaction commune chez les animaux, et que l'on rapporte à une diastase spéciale, l'indophénolase (Keilin).

Mais, tandis que les tissus animaux les mieux doués à cet égard, cœurs de mouton, d'oiseaux, de souris, ne laissent pas diffuser trace du ferment, *il suffit d'immerger quelques minutes, à la température ordinaire, des tranches*

minces de Champignons tels que Russula cyanoxantha *ou* Lactarius piperatus, *chapeau ou stipe, chair ou lamelles, pour obtenir des liqueurs diastasiques très actives.*

Cela n'engage pas à rapporter à un seul et même ferment l'oxydation du nadi chez les animaux et chez les végétaux, d'autant que les quinones la provoquent instantanément, ce qui fait que la présence simultanée de polyphénolases, si répandues dans les Champignons, et de polyphénols ortho ou para, pourrait tenir lieu d'indophénol-oxydase, comme l'ont suggéré Szent-Györgii (¹) pour le jus de Pomme de terre et Sutter (²) pour *Lactarius vellereus*.

En réalité ce sont les Champignons les plus réputés pour leur pouvoir oxydant à l'égard des phénols qui donnent avec le plus d'intensité la réaction du bleu de naphtol. Si les jus de presse ou la pulpe écrasée n'en font rien, la raison en est dans leur pouvoir réducteur, beaucoup plus prononcé que celui des simples macérations aqueuses, et que l'on peut atténuer par un chauffage modéré vers 60° ou par action d'éthyluréthane à dose massive. Il faut noter aussi que les espèces nanties d'un chromogène spécial s'oxydant à l'air ne touchent guère au nadi tant que dure cette oxydation; ainsi en est-il de *Lactarius deliciosus*; la pulpe fraîche du chapeau, tout imprégnée de lait, ne bleuit le nadi qu'après qu'on a écarté la sécrétion par un premier épuisement.

Les préparations les plus actives, poudres ou liqueurs, perdent en grande partie, au bout d'un certain temps, leur pouvoir fermentaire à l'égard du nadi, sans cesser pour cela d'oxyder les phénols, quelques jours seulement pour les macérations aqueuses, à la température de 25°, plus longtemps pour les extraits glycérinés, bien davantage pour la pulpe séchée à basse température et conservée à la glacière en tube scellé sous vide.

Ainsi affaiblis, ces milieux restent néanmoins capables de bleuir le réactif en présence de pyrocatéchol, fût-ce à la dose infime de $M \times 10^{-5}$. D'autres corps phénoliques peuvent, à des degrés divers, jouer le même rôle, à commencer par le phénol et les crésols, le para beaucoup mieux que le méta et surtout que l'ortho, tous tributaires, comme l'a montré Gabriel Bertrand (³), de la monophénolase ou tyrosinase, qui les

(¹) *Biochem. Zs.*, 162, 1925, p. 399.
(²) *Dissert.*, Munich, 1929.
(³) *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 1352.

transforme d'abord en diphénols puis en quinones ortho ; l'adrénaline ne se montre pas aussi efficace, l'hydroquinone encore moins ; la tyrosine est sans effet ; le pyrogallol est oxydé pour son compte et accapare toute l'activité de l'enzyme.

Il semble ainsi que le bleuissement du nadi par les champignons ne soit que le résultat d'une action secondaire ; tous les corps facilement oxydés par les quinones, acide gaïaconique, benzidine, leucodérivés du vert malachite, du vert brillant se comportent plus ou moins comme le nadi.

On s'expliquerait bien de la sorte la diffusion si facile de la prétendue indophénolase des végétaux, de même que l'oxydation, en présence de pyrocatéchol, de la teinture de gaïac et du nadi par des espèces telles qu'*Amanita rubescens*, *vaginata*, *citrina*, *phalloïdes*, qui, d'elles-mêmes, les colorent à peine ; l'affaiblissement des préparations fermentaires avec le temps et des macérations successives avec le nombre des épuisements serait dû à la défaillance ou à la débâcle de l'intermédiaire phénolique, l'addition de pyrocatéchol permettant de combler cette lacune tant que persiste l'oxydase.

Malgré tout, l'intermédiaire en question n'a pas été isolé ni même radicalement séparé du ferment. Vieillissement, action de la température, floculation par les liquides organiques ou les solutions concentrées de sels neutres, autant de moyens d'atténuer le pouvoir oxydant des jus de champignons à l'égard du nadi ; quand ils n'y touchent plus pour ainsi dire, ils peuvent encore s'attaquer à des corps plus accessibles, tels que le pyrocatéchol, et l'orthoquinone qui en résulte oxyde spontanément tout ce qui est à sa portée. Mais il n'est pas vraisemblable que l'indophénol-oxydase des champignons se ramène à un mélange de phénolase et de phénol libre ; autrement on pourrait facilement extraire ce dernier, il dialyserait et résisterait mieux que l'oxydase à l'action de la chaleur ; ce n'est pas ce que l'on observe. D'ailleurs le pyrocatéchol que l'on introduit dans le jus des espèces à phénolase n'y peut plus être décelé au bout de quelques heures à la température ordinaire, pas plus que l'orthoquinone qui en dérive ; or les milieux fermentaires en question gardent plusieurs jours la propriété d'oxyder le nadi, alors même qu'ils sont soumis à la dialyse. L'idée d'une indophénolase spécifique, indépendante des phénolases, ne s'impose pas pour autant ; l'intermédiaire phénolique pourrait être stabilisé du fait de ses accointances, à moins que le bleuissement du nadi par les phénolases ne soit qu'une question d'ambiance ; effectivement le jus de *Russula delica* porté quelques instants à 90° ne perd pas toute activité sur le réactif, pas plus que les dialysats concentrés.

C'est parmi les Russules et les Lactaires qu'on rencontre les Champignons les plus remarquables par leur indophénolase, mais il s'en trouve aussi d'intéressants ailleurs; *Tricholoma nudum*, par exemple, *Psalliota campestris*, *Clitocybe nebularis*, *Pleurotus ostreatus* se prêtent bien aux observations. *Entoloma lividum* est un des plus déshérités, comme *Clavaria cinerea*, *Cortinarius impennis*, *Cantharella aurantiaca*, *Craterella cornucopioïdes*, mais il est rare qu'une espèce se montre absolument inerte à l'égard du nadi en présence de pyrocatéchol. Chez les Lactaires, les plus actifs, après *L. piperatus* et *vellereus*, sont certainement *L. controversus*, *torminosus*, *serifluus*, *pubescens*, *quietus*; les espèces à lait jaunissant à l'air, *L. chrysorheus*, *decipiens* bleuissent à peine le nadi; *L. uvidus*, dont le suc devient violet, à peu près pas. *Russula delica* se place en tête du groupe des Russules, suivie de près par *R. cyanoxantha*, *emetica*, *virescens*; *Russula atropurpurea*, *fallax*, *sanguinea*, *integra*, *xerampelina* et surtout *Romelli*, *cærulea*, *leuca* sont bien moins intéressantes. Les bolets à chair blanche, *B. edulis*, *variegatus*, *bovinus*, *granulatus*, *chrysenteron*, *luteus*, *badius* sont pauvres en indophénolase; chez les autres, comme *B. erythropus*, *luridus*, *scaber*, le ferment se porte d'abord sur le chromogène. A peu de chose près, ces indications sont identiques à celles que donne la teinture de gaïac.

Quelle que soit l'espèce d'où elle provient, l'indophénol-oxydase des Champignons est paralysée par l'acide cyanhydrique, par l'hydrogène sulfuré mais, contrairement aux préparations d'origine animale, à peu près insensible à l'oxyde de carbone.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Observations sur la flore adventice de Paris.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

D'après la définition de A. Thellung, les plantes adventices sont des espèces exotiques, étrangères à la flore primitive d'un pays, qui s'y sont introduites depuis deux à quatre siècles au plus [1], et souvent depuis peu

[1] Si elles sont d'introduction plus ancienne on les nomme *archéophytes*. C'est le cas des Orties, des Chardons, des Mauves, du *Chenopodium Bon-Henri* etc., et en général de toutes les mauvaises herbes.

Les *archéophytes* se rencontrent toujours sur les lieux occupés actuellement par l'Homme ou sur ceux qu'il a habités, cultivés ou défrichés autrefois. Ce n'est qu'après une très longue période d'abandon et retour au *climax* que les autochtones ou indigènes reprennent les places qu'elles avaient primitivement été seules à occuper.

d'années seulement. « Elles se sont introduites le plus souvent par l'intervention inconsciente de l'Homme et à son insu, et elles se montrent pendant un temps plus ou moins long là où elles sont apparues; la plupart disparaissent complètement en peu de temps, tandis qu'un petit nombre arrivent à se propager et à s'établir définitivement dans le pays ([2]). » Pour qu'elles s'établissent il faut que la station persiste, or toutes les stations dans Paris où peuvent vivre des plantes sont précaires.

Cependant Paris, comme tous les points du Globe habités par l'Homme, aussi bien les plus grandes cités que les simples campements où les Noirs d'Afrique, ainsi que les Indiens d'Amérique installent temporairement leurs *cases*, possède une flore particulière. Elle occupe les alentours des lieux habités, les rues peu fréquentées, les décombres, les quais etc. Sur ces points vivent des plantes dites *anthropophiles* ou *rudérales*, et c'est à cette catégorie qu'appartiennent les adventices. Ce sont pour la plupart des nitrophiles, recherchant les lieux riches en nitrates et en nitrites, aux alentours des maisons, sur les tas d'ordures ménagères, sur les dépôts de détritus anciens.

Parmi ces plantes anthropophiles, les unes sont des indigènes appartenant à la flore ancienne du pays, les autres sont des étrangères, des archéophytes et des adventices. Certaines sont passagères, fugaces; les autres font souche et se naturalisent parfois.

P. Allorge, pour le Vexin français, divise les groupements de plantes rudérales en deux séries : la première, localisée sur les substratum les plus riches en nitrates, comprenant les décharges publiques, les amas d'ordures où dominent les Chénopodiacées; la seconde, moins nitrophile, qui s'établit le long des rues et des ruelles négligées, dans les cours, au pied des murs, sur les quais etc., où domine souvent *Hordeum murinum* L.; elle est ordinairement plus herbeuse et beaucoup moins instable, elle est déjà plus pauvre en adventices. On peut rattacher aussi à cette catégorie un groupement secondaire qui s'établit sur le ballast des voies ferrées ou des gares ou encore sur le poussier de débris de scories de charbon, à proximité des usines. Enfin la végétation des fossés et des cours ombreuses et fraîches

---

([2]) A l'exemple de A. Thellung, nous distinguons dans les adventices : 1° les *epœkophytes*, espèces d'apport récent, mais ayant déjà colonisé les stations artificielles; elles sont dites *naturalisées;* 2° les *éphémérophytes*, espèces voyageuses (ou nomades) qui ne sont que passagères et ne se rencontrent que de temps en temps et en petite quantité sur les stations artificielles. C'est le cas d'une bonne partie des adventices de la flore de l'intérieur de Paris.

où arrivent rarement les rayons de soleil appartient encore à une autre série. Ceci s'applique à nos petites bourgades.

On peut faire la même distinction en cinq séries pour Paris et ses environs, et en général pour les grandes villes, bien qu'on observe fréquemment des passages insensibles d'une série à l'autre dans la flore de ces groupements. Enfin les groupements végétaux de l'intérieur des villes sont souvent bien plus instables que ceux des alentours des bourgades, le nettoyage des rues, des voies ferrées, des abords d'usines, l'enlèvement des déblais, les constructions sur les places provisoirement libres s'y faisant à un rythme généralement bien plus rapide que dans les campagnes, de sorte que le peuplement végétal est bien plus fugace, bien plus hétéroclite, et qu'il réserve parfois la rencontre d'adventices inattendues, plantes passagères, venues souvent de loin, et dont les graines ont été apportées on ne sait trop comment, par la population grouillante des villes.

De là aussi les changements constants dans la flore sauvage des grandes villes; beaucoup d'espèces y sont accidentelles et ne persistent pas, même si la station reste stable, favorable au peuplement, et se maintient pendant quelques années.

Les apports par les dépôts d'emballages de produits exotiques, les balayures et les criblures, les déblais et ordures de toutes sortes, l'apport aussi de graines par les chaussures, par les fientes, les plumes et les pattes des oiseaux et par le vent sont les principaux moyens de peuplement de ces places libres. Quelques plantes, comme *Amarantus blitoïdes* Watson, *Eragrostis poeoides* P. B. etc., suivent les voies ferrées qui pénètrent à l'intérieur de Paris. L'automobile, qui va aujourd'hui partout et dont les roues de caoutchouc retiennent souvent la boue dans laquelle peuvent se trouver de fines graines, contribue aussi à la dissémination de certaines plantes adventices, en particulier du *Matricaria discoidea* DC. = *M. suaveolens* Buch., non L. On ne connaît pas encore de plantes introduites en France par les avions, mais au Canada, le Frère Marie Victorin a signalé une Chénopodiacée, *Cycloloma atriplicifolium* Coult., venue de l'ouest des États-Unis et apportée par les avions au champ d'aviation de Montréal.

A Paris ont joué aussi depuis un siècle et demi deux causes spéciales d'introduction de plantes étrangères, amenant leur naturalisation temporaire sur les décombres de l'intérieur de la ville ou sur les déblais et remblais de la zone des fortifications ([3]). D'une part c'est la présence en

([3]) On nomme *zone* une bande d'une trentaine de kilomètres de long et de 250m de large, correspondant aux fortifications de Paris et sur laquelle le Gouvernement de

plein Paris des jardins du Muséum d'Histoire naturelle avec des plantes exotiques cultivées. Certaines de ces plantes s'échappent des cultures et se retrouvent adventices sur les terrains vagues des environs, sur les décombres, dans les Ve, VIe et XIIIe arrondissements et parfois sur la zone. D'autre part la concentration près de Paris de troupes de cavalerie, utilisant parfois des fourrages importés, spécialement pendant les périodes de guerre, a amené, en 1815, puis en 1871-1872, l'apparition dans la capitale et sur son pourtour de plantes étrangères, constituant ce que l'on a nommé la *flore obsidionale*. Quelques-unes de ces plantes semblent s'être naturalisées et avoir persisté jusqu'à nous.

Le *Bunias orientalis* L. aurait été apporté sous les murs de Paris, en 1815, par les troupes russes; il s'est installé dans les bois de Boulogne et de Vincennes et s'y rencontre encore parfois. En 1871-1872 on signalait aux environs de Paris ([4]) 268 plantes adventices obsidionales installées près des bastions de l'enceinte, entre le viaduc d'Auteuil et la porte de la Villette, dans le parc de la Malmaison etc.; les unes (*Sisymbrium pannonicum* Jacq., *Malva borealis* Wallm. etc.) seraient venues de la Russie méridionale avec des avoines d'Odessa; la majorité des autres étaient des méditerranéennes qui venaient de l'Afrique du Nord ou de l'Italie avec des foins importés. La plupart de ces plantes disparurent de Paris et ses environs dès la deuxième ou troisième année. Les seules qui aient subsisté jusqu'à l'année 1940 dans Paris même sont *Sisymbrium pannonicum* Jacq. et *Reseda alba* L. Il serait intéressant de rechercher l'année prochaine si la guerre 1939-1940 a apporté à Paris de nouvelles espèces obsidionales. Nous nous proposons de présenter dans une prochaine Note le relevé des principales espèces adventices observées dans ces dernières années dans l'enceinte ou sur le pourtour de la capitale, en laissant de côté les autochtones rudérales de Paris, au nombre de près de 200, la flore du pavé de Paris établie par Joseph Vallot en 1884 étant certainement plus riche que ne l'avait indiqué cet auteur. Nous laissons aussi de côté la plupart des archéophytes, notamment celles qui pullulent aujourd'hui dans toute la France. Par contre nous rangeons dans les adventices deux plantes

Louis-Philippe avait décidé qu'il ne serait fait aucune construction durable. L'affectation de cette zone à des constructions a été décidée en 1922, mais il reste encore sur le pourtour de Paris de nombreux terrains vagues, asiles de diverses plantes adventices appelées à disparaître dans un avenir plus ou moins proche.

([4]) Gaudefroy et Mouillefarine, *Bull. Soc. Bot. France*, **18**, 1871, p. 246; **19**, 1872, p. 266.

abondantes aujourd'hui à Paris et dans ses environs, venues d'Amérique, et qui étaient déjà assez communes dans la capitale au milieu du XVIII^e siècle, sans que l'on sache comment elles y étaient venues : *Erigeron canadensis* L. et *Amarantus retroflexus* L., et nous montrerons comment quelques-unes de ces plantes arrivent à subsister et même parfois à se propager.

M. **Emmanuel de Margerie** (¹) met sous les yeux de l'Académie quelques feuilles nouvelles de l'*Atlas de France* entrepris sous les auspices du Comité National de Géographie.

CORRESPONDANCE.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Propriétés et structures comparées des matériaux juxtaposés, mélangés ou assemblés en deux constituants.* Note (¹) de M. **Raymond de Fleury**, présentée par M. Albert Caquot.

Cette étude fait suite aux travaux confiés par les Services techniques du Ministère de l'Air et à la Note du 6 mai 1940 qu'elle déborde.

1. *Qualités requises pour les matériaux de recouvrement.* — Les conclusions s'appliquent en outre aux enduits, peintures, vernis, émaux, dépôts électrolytiques, chimiques. Peu importe que la limite élastique E_1 de l'enduit soit basse, pourvu que son module d'élasticité M_1 soit tel que, si l'on fait intervenir les taux de sécurité t_1 et t_2, supposés différents pour l'enduit et le support, on ait $(E_1/M_1)(1/t_1) \geqq (E_2/M_2)(1/t_2)$, avec la condition limite $t_1 > 1$, les indices 2 étant affectés au support, et t_2 y étant toujours prévu très supérieur à 1. Cela explique pourquoi un vernis cellulosique de résistance et module faibles a même rôle qu'un émail vitrifié à haut module, lorsque tous deux ont le même rapport E/M. C'est le cas des vernis cellulosiques et, comme recoupement empirique, celui des émaux utilisés sur tôles et fontes épaisses.

2. *Emboutissage des tôles enduites ou protégées.* — Un diagramme de

(¹) Séance du 11 novembre 1940.

(¹) Séance du 11 novembre 1940.

rupture peut être remplacé par trois cordes : zone Élastique entre zéro et la limite élastique E; Mixte entre E et une limite inférieure de déformabilité F; Déformable entre F et la limite de rupture R. Par analogie et opposition à la fois avec l'emploi que nous avons fait du rapport $\mu = M_2/M_1$ pour comparer dans la zone élastique les taux de sécurité des deux corps juxtaposés, un rapport complémentaire de deux taux de sécurité t'_1 et t'_2 vis-à-vis des déformations permanentes, peut être inscrit en fonction d'un rapport h tel que $h = W_2/W_1$. Chacun des W exprime la valeur $(R - F)/A$ propre à chacun des corps juxtaposés, où A représente l'allongement % à la rupture, hors striction. La condition évidente $A_1 \cong A_2$, nécessaire pour un emboutissage total avoisinant la rupture, devient, pour un emboutissage partiel commun aux deux corps et porté respectivement à $(1/t'_1)$ et $(1/t'_2)$ de leur rupture, $(1/t'_1)[(R_1 - F_1)/W_1] \geqq (1/t'_2)[(R_2 - F_2)/W_2]$, ou plus simplement $(A_1/t'_1) \geqq (A_2/t'_2)$ avec l'approximation $(F_1/E_1) = (F_2/E_2)$ pour le choix de E et F, légitime en vertu de l'adaptation.

3. *Matériaux de recouvrement des tôles minces, d'étanchéification des rivetages ou d'armature des plaques minces de plastiques.* — S'il s'agit de tôles minces, l'enduit doit, de plus, résister à une déformation permanente même très locale par choc. Dans ce cas, l'enduit doit répondre aux conditions 1 et 2 (cellulosique, védal) et par priorité au 2 (brais). Ne répondant qu'au 1, l'émail vitrifié ne convient plus, à moins que l'allongement élastique soit tel qu'il reste supérieur à l'allongement total du support suivant la condition plus générale $(F_1/M_1 + A_1)(1/t_1) \geqq (F_2/M_2 + A_2)(1/t_2)$, ce qui fixe la qualité limite requise avec $A_1 = 0$ pour le verre, alors que, pour un enduit caoutchouté, avec $A_1 = 0$, cette condition reste surabondamment remplie. Ce sont les mêmes conditions 1, 2, 3 qui régissent l'introduction du verre filé dans les plastiques minces, en remplacement des textiles ou fils métalliques, avec interversion des indices, l'indice 1 affecté au plastique.

4. *Emboutissage comparé des matériaux.* — La transposition de la méthode des taux de sécurité comparés, du domaine *élastique* au *déformable*, fournit, à partir d'une base empirique, une clé précise du classement des matériaux, des moindres nuances de ces derniers, des épaisseurs d'équivalence, et des rapports des courbures admissibles, de l'échelonnement des passes, puis des outillages et des machines, et des puissances et forces instantanées requises.

5. *Nouvelle méthode différentielle de mesure des modules d'élasticité par simple essai de traction.* — Pour déterminer un module inconnu d'un

corps I, il suffit de disposer d'un corps étalon II de module connu, sans allongement permanent, à limite élastique pratiquement égale à la limite de rupture (verres, céramiques, composés métalliques, ciments etc.), mais dont le E/M soit notoirement plus petit que celui du corps dont le module est à mesurer. Un simple essai de traction pratiqué sur un triplet d'éprouvettes, constitué par une éprouvette de section S_1 du corps I placée en sandwich entre deux éprouvettes du corps II, de section globale S_2, conduit à constater un accroissement c de la charge de rupture par rapport à un essai préliminaire fait sur les deux seules éprouvettes du corps II. Les allongements élastiques restant égaux jusqu'à rupture du seul corps II, la répartition des efforts unitaires est proportionnelle aux modules. On a la valeur évidente $M_1 = M_2 . c/S_1$. Cette méthode se prête à l'étude précise des anisotropies et des dégradations par fatigue avant rupture.

6. *Morphologie comparée des structures à deux éléments.* — Trois types différents apparaissent visiblement dans des objets usuels :

A. La texture du caoutchouc mousse, où le caoutchouc considéré comme élément rigide, les vides isolés, étanches entre eux, sont assimilés à un élément structural de remplissage dont le module serait très petit.

B. La texture du caoutchouc éponge, où les interstices entrecroisés en canalicules complémentaires du réseau rigide communiquent entre eux, est assimilée à l'élément structural de moindre module.

C. La texture inverse de A, constituée par des corpuscules isolés en caoutchouc, devient évidente si l'on y suppose, au lieu du vide enrobant, la présence du constituant de moindre module.

7. *Classification rationnelle des plastiques à deux constituants.* — Ces types sont trois termes d'une série continue de formes comportant tous les intermédiaires de A à C. Sous ce jour, les plastiques se classent déjà à la base, dans l'ordre suivant, le corps le plus rigide des deux étant caractérisé par M_2 tel que $M_2 > M_1$:

a. Le corps rigide alvéolaire ou cellulaire *enrobe* le plastique de remplissage disséminé (bois naturels, os, corne, ivoire, ciments cellulaires);

b. Le corps rigide, réticulé, *arme* le plastique intersticiel (bois imprégnés, contre-plaqués, tissus, comprimés, meulières, ciments micro-armés);

c. Le corps rigide, plus ou moins intersticiel, *encadre* le plastique réticulé (soufre ou plâtre rempli de filasse, schistes);

d. Le corps rigide fragmentaire *se dissémine* dans le plastique enrobant [produits des poudres à mouler, grès, alliages métalliques usuels à deux constituants (ne pas confondre avec binaires)].

8. *Calcul des structures à deux éléments.* — Tout ce qui paraissait artificiel dans l'appellation *plastiques* envers une classification de trop de produits différents, prend une figure d'unité non conventionnelle, mais naturelle. Le calcul se résume, pour chaque propriété résultante E_{xyz} ou M_{xyz}, à une équation générale, pour toutes les formes et orientations stratifiées, fibreuses ou globulaires des inclusions ou occlusions. Ces derniers facteurs n'y font intervenir que des paramètres chiffrables, et cela selon toutes les directions Ox, Oy, Oz des axes de référence. Cette équation, qui s'applique à tous les termes de la classification a, b, c, d, ne comporte, pour deux éléments, que quatre expressions particulières :

$E_2 > E_1$; $(E_1/M_1) > (E_2/M_2)$, I (Corps I excédentaire; II limitatif);
$(E_1/M_1) < (E_2/M_2)$, II (Corps I limitatif; II excédentaire);
$E_2 < E_1$; $(E_1/M_1) > (E_2/M_2)$, III (Corps I chargé et adultéré par II);
$(E_1/M_1) < (E_2/M_2)$. IV (Impossibilité avec la définition $M_2 > M_1$).

De même les rapports des écarts probables des propriétés résultantes du mélange sont évaluables en les introduisant dans les dérivées de l'équation prises par rapport aux paramètres des orientations générales ou structurales. L'ensemble correspond de façon satisfaisante aux données expérimentales.

CHALEUR. — *Frottement turbulent et convection dans un conduit cylindrique.* Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans le calcul du coefficient de convection dans un conduit circulaire, en régime turbulent, tel que l'a indiqué Prandtl, une difficulté assez sérieuse se présente. Rappelons d'abord que dans toute la zone turbulente on a, entre la température T et la vitesse u, la relation (Reynolds)

$$\text{(1)} \qquad \frac{q}{C\tau} = \frac{\left(\frac{dT}{dy}\right)}{\left(\frac{du}{dy}\right)} = \frac{T_0 - T}{u_0 - u}$$

(τ, frottement local; q, quantité de chaleur transmise par cm^2/seconde; C, chaleur spécifique à pression constante).

Admettons d'autre part une variation linéaire de la vitesse jusqu'à la limite δ' de la couche laminaire secondaire; pour expliciter δ' on est amené, par exemple, à écrire l'égalité des du/dy sur la ligne de raccor-

dement des deux zones laminaire et turbulente. Or l'intégration de Karman donne pour valeur de du/dy au voisinage de la surface dans la zone turbulente (origine des y sur la surface)

$$(2) \qquad \left(\frac{du}{dy}\right)_{\text{turb.}} = \frac{1}{k}\sqrt{\frac{f}{\rho}}\,\frac{1}{y}$$

(f, frottement sur la surface).

Au point δ', cette valeur doit être égale à celle dans la couche laminaire $(du/dy)_{\text{lam}} = f/\mu$, ce qui fournit

$$(3) \qquad \delta' = \frac{\nu}{k}\sqrt{\frac{\rho}{f}}, \qquad\qquad (4) \qquad u' = \frac{f\delta'}{\mu} = \frac{1}{k}\sqrt{\frac{f}{\rho}}.$$

Au point δ' la courbe des températures a, dans la zone laminaire, une pente égale à $(Q\mu/\lambda f)\,(du/dy)$; dans la zone turbulente cette pente est $(Q/Cf)\,(du/dy)$ [éq. (1)]; les deux pentes sont inégales; leur rapport est $\mu C/\lambda = P$ (nombre de Prandtl-Stanton). On n'est donc pas en droit d'écrire que le coefficient de convection dans la couche laminaire a pour valeur λ/δ'.

Il paraît indispensable de rétablir la continuité des dT/dy à la limite des deux couches. A cet effet une première manière d'opérer consiste à prolonger la courbe des températures du régime turbulent $T_0 - T = (Q\delta'/\mu C)\,\mathrm{Log}\,(y/r)$ dans la couche laminaire [1] jusqu'à la tangente en T'' (ordonnée Δ') avec la droite de pente Q/λ; cela fournit immédiatement

$$(5) \qquad \Delta' = \frac{\delta'}{P}\ [2], \qquad\qquad (6) \qquad T' - T'' = \frac{Q\delta'}{\mu C}\,\mathrm{Log}\,P.$$

Dès lors on a

$$Q = \frac{T_0 - T'}{\left(\dfrac{u_0 - u'}{fC}\right)} = \frac{T' - T''}{\dfrac{\delta'}{\mu C}\,\mathrm{Log}\,P} = \frac{T''}{\left(\dfrac{\Delta'}{\lambda}\right)},$$

et le coefficient de convection s'écrit

$$(7) \qquad \alpha = \frac{\dfrac{fC}{u_0}}{1 - \dfrac{u'}{u_0} + \dfrac{u'}{u_0}(1 + \mathrm{Log}\,P)}.$$

Dans le raisonnement précédent on suppose que les frottements

---

(1) Nous verrons plus loin que cette façon de faire est pleinement justifiée.

(2) Δ' pourrait être appelée *épaisseur de la couche laminaire thermique*.

turbulent et laminaire ont des domaines nettement séparés par l'ordonnée δ', ce qui est de toute évidence une simplification grossière, comme le montre d'ailleurs l'expérience. Pour serrer le problème de plus près, en ce qui concerne les vitesses, on peut, dans l'intégration de Karman, chercher à calculer la constante a de l'équation

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{2k}\sqrt{\frac{\rho}{fr}}\,\frac{1}{a - \sqrt{r - y}},$$

en écrivant que, pour $y = r$, du/dy n'est pas infini, mais égal à f/μ; cela conduit immédiatement aux relations

(8) $$a = \sqrt{r} + \frac{\delta'}{2\sqrt{r}} \qquad \text{(au lieu de } \sqrt{r}\text{, Karman)},$$

(9) $$\boxed{u = \frac{f\delta'}{\mu}\,\text{Log}\left(1 + \frac{y}{\delta'}\right).}$$

On arrive à un résultat identique par une voie toute différente qui permet, en même temps, de préciser la courbe des températures au voisinage de la surface. Le frottement turbulent résulte du transport macroscopique de matière normalement à la vitesse d'ensemble u; si, en un point, par centimètre carré et par seconde, la masse transportée est m, si l'on désigne en outre par l le *parcours de mélange* (Prandtl), le frottement local est donné par l'expression $\tau = ml(du/dy)$; dans la couche laminaire il a pour valeur $\mu(du/dy)$. Écrire qu'en δ' il y a continuité des du/dy revient en fait à écrire qu'en ce point $ml = \mu$ (frottements laminaire et turbulent y ont même importance); en un point à distance y de la paroi, on a [éq. (2)]

$$ml = \mu\,\frac{y}{\delta'}.$$

En tout point la superposition des frottements turbulent et laminaire, ainsi que l'addition des convections turbulente et laminaire, conduisent aux relations

$$\tau = (ml + \mu)\frac{du}{dy} = \mu\left(1 + \frac{y}{\delta'}\right)\frac{du}{dy},$$

$$q = (ml\text{C} + \lambda)\frac{d\text{T}}{dy} = \lambda\left(1 + \text{P}\frac{y}{\delta'}\right)\frac{d\text{T}}{dy},$$

qui, intégrées, fournissent l'équation (9) et d'autre part

(10) $$\boxed{\text{T} = \frac{\text{Q}\delta'}{\mu\text{C}}\,\text{Log}\left(1 + \text{P}\frac{y}{\delta'}\right)}.$$

Pour achever le calcul de α, une difficulté subsiste, qui tient à la nécessité de choisir une démarcation des phénomènes turbulent et laminaire; il est logique d'admettre qu'elle se fait à la distance δ'; on a dès lors [éq. (1), (10) et (9)]

$$\alpha_t = \frac{Cf}{u_0 - u'}, \qquad \alpha_l = \frac{Q}{T'} = \frac{\mu C}{\delta' \operatorname{Log}(1+P)} = \frac{Cf}{u'} \frac{\operatorname{Log} 2}{\operatorname{Log}(1+P)}$$

et, pour le coefficient de convection total,

$$(11) \qquad \alpha = \frac{\dfrac{fC}{u_0}}{1 - \dfrac{u'}{u_0} + \dfrac{u'}{u_0}\dfrac{\operatorname{Log}(1+P)}{\operatorname{Log} 2}}.$$

Les formules (7) et (11) donnent des valeurs de α pratiquement égales jusqu'à $P=10$; pour $P=100$ les coefficients $(1+\operatorname{Log} P)$ et $[\operatorname{Log}(1+P)]/\operatorname{Log} 2$ diffèrent de 18 %. Notons enfin que, pour des valeurs de P inférieures à 10, ces deux derniers coefficients sont pratiquement égaux à $P^{\frac{2}{3}}$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'emploi, comme chercheur de pôles, d'un tubercule de pomme de terre.* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans quelques livres destinés aux amateurs de radioélectricité, les auteurs indiquent qu'à défaut d'appareil spécial ou de papier réactif approprié (phtaléine et chlorure de potassium par exemple), on peut rechercher le sens d'un courant continu en enfonçant, à 1^{cm} l'un de l'autre, les deux fils (de cuivre) de transport du courant dans une pomme de terre fraîchement coupée. Une coloration brune doit, dit-on, être observée au voisinage du pôle négatif, et l'on peut même distinguer, par ce procédé, le courant continu du courant alternatif. Nous avons cherché à vérifier les faits signalés et à nous en rendre compte. *A priori*, la teinte peut dépendre des substances chimiques contenues dans la pomme de terre, de la nature des électrodes et de l'intensité du courant. En courant continu, sous des tensions de 4, 40, 80 ou 110 volts, avec les intensités les plus diverses, l'aspect est toujours le même pour des durées d'électrolyse uniformément égales à 10 minutes. Quelle que soit la nature des électrodes, *il ne se forme pas de coloration brune à la cathode.* La coloration, quand elle se forme, apparaît toujours à l'anode.

Avec le cuivre, on observe en effet au pôle positif une tache bleue de forme ovoïde, la pointe étant tournée vers l'autre pôle. La diffusion se produit aussi en profondeur et sur toute la longueur de la partie du fil enfoncée dans le tubercule. On y observe d'ailleurs deux zones nettement délimitées. La partie centrale est constituée par du phosphate de cuivre et la partie externe par un mélange de sulfate et de chlorure cuivriques. Les ions ont été recherchés par les méthodes à la goutte, le cuivre par le procédé à l'hématoxyline indiqué précédemment (1), le chlore par la méthode au ferrocyanure d'argent (2), l'ion phosphorique, suivant Feigl (3), par le molybdate d'ammonium et la benzidine, enfin l'ion sulfurique par le procédé de Denigès au nitrate mercurique (4).

La pomme de terre contient en effet des phosphates, sulfates et chlorures alcalins (P^2O^5, 13 à 21^{mg}; SO^3, 3 à 8^{mg}; Cl, 1 à 7^{mg} par 100^g de produit sec).

Les anions correspondants attaquent donc le cuivre anodique. Il est facile de s'assurer, à l'aide d'électrodes de charbon, que les colorations bleues obtenues ne sont pas dues au cuivre rencontré à l'état de trace dans le tubercule, car, au bout de 10 minutes d'électrolyse, ce cuivre interne n'a pas eu le temps de se concentrer à l'anode ou à la cathode et ne peut pas être décelé alors par l'acide rubéanique.

A la cathode, et toujours dans le cas d'une tige de cuivre, on observe un fort dégagement d'hydrogène; au bout de quelques minutes, le contact du fil avec la pomme de terre devient de moins en moins bon; des arcs jaillissent, on observe des crépitements et un dégagement de fumée.

Une heure au moins après la coupure du courant apparaît, autour de la trace de la cathode, un cercle noir ne renfermant aucune substance minérale, mais qui est probablement dû à l'effet de l'une des nombreuses diastases de la pomme de terre. Ce noircissement envahit ensuite, comme d'habitude, toute la partie coupée. La cathode porte un dépôt noir qui se détache facilement; il est soluble partiellement dans une goutte d'acide chlorhydrique qu'il colore en bleu vert. C'est de l'hydroxyde cuivrique formé par électrolyse. En effet les sels de potassium de la pomme de terre (47 à 60^{mg} de K^2O par 100^g de substance sèche) donnent à la cathode de la

---

(1) Clément Duval, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 280.
(2) Cl. Duval et G. Mazars, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 862.
(3) *Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen*, 2e éd., p. 325.
(4) Denigès, *Bull. Soc. Chim.*, 23, 1918, p. 36.

potasse qui attaque le cuivre, fournissant un cuprate, puis de l'hydroxyde. Un examen plus attentif montre que celui-ci est souillé de cuivre métallique, soluble dans le trichloracétate d'ammonium et formé par réduction de l'hydroxyde avec l'hydrogène dégagé en cathode. La partie insoluble dans l'acide chlorhydrique est du charbon très fin (qui brûle aisément sur la lame de platine) et formé vraisemblablement par carbonisation de la fécule sous l'action des arcs dont il est parlé plus haut.

Avec des électrodes de nickel et de cobalt, les phénomènes sont exactement les mêmes à l'anode, mais les colorations sont respectivement verte et rose. Le fer ou l'acier donne uniquement du phosphate ferrique brun rouille, et l'aluminium une tache blanche de phosphate d'aluminium. Le platine donne seulement un dépôt de peroxyde PtO^2. L'argent fournit le phosphate jaune mélangé de chlorure blanc et d'un peroxyde noir et octaédrique, vraisemblablement Ag^2O^2. Le plomb donne aussi un mélange de phosphate et de chlorure blancs souillés d'oxyde puce. Avec l'or et le charbon, on n'observe qu'un dégagement d'oxygène ozonisé, sans coloration.

Ces diverses teintes peuvent être obtenues avec d'autres végétaux (pomme, navet, rave etc.). Il faut à peine 10 secondes pour les constater; elles pourront être utilisées dorénavant avec plus de garantie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le phénomène de l'électrostriction dans une colonne de mercure.* Note de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Camille Gutton.

Les déterminations du phénomène de l'électrostriction et son explication physique dans le cas d'une colonne verticale de mercure semblent être erronées; nous avons cru utile de reprendre l'étude de cette question dans son ensemble. L'expérience montre que, dans une colonne verticale de mercure parcourue par un courant électrique intense, la pression et, par conséquent, la densité du métal varient selon une répartition parabolique, à partir de la périphérie jusqu'à l'axe. On a donné de ce phénomène l'explication suivante : le champ magnétique tourbillonnant autour du conducteur parcouru par le courant dévie les électrons en mouvement vers l'axe du tourbillon. Ces électrons entraînent mécaniquement dans leur mouvement centripète les atomes neutres de mercure. On en conclut à un accroissement central aussi bien de la densité métallique qu'électrique.

Or le développement de nos connaissances sur l'électricité et, d'autre part, les résultats expérimentaux que nous donnons ci-après ne nous autorisent pas à nous prononcer à l'heure actuelle en faveur de cette hypothèse (concentration axiale atomique et électronique).

Les mesures expérimentales montrent que, si la densité du métal croît vers le centre, la densité du courant électrique varie en sens inverse : elle augmente d'une manière appréciable vers la périphérie du conducteur. Cette constatation se justifie théoriquement : la théorie actuelle admet que dans le métal, sous l'influence du champ électrique, les électrons libres circulent à travers le conducteur en cheminant entre les atomes neutres et les ions positifs, qui constituent des obstacles immobiles. Ces électrons en mouvement longitudinal subissent d'autre part des efforts, normaux à la surface du conducteur, dus uniquement à la propriété répulsive des corpuscules électriques de même nom (effet pelliculaire). Une récente étude quantitative donne à ce sujet d'intéressants renseignements (¹).

Dans le cas d'un métal liquide, le mercure, les atomes ne constituent plus des points d'appui solides et, lorsque deux électrons se fixent au passage sur deux atomes symétriques par rapport à l'axe, ceux-ci se repoussent mutuellement vers la surface du conducteur. D'après le principe de l'égalité de l'action et de réaction, les électrons qui s'échappent des atomes dans la direction périphérique repoussent mécaniquement ces derniers en sens inverse, vers l'axe du conducteur. Il en résulte que la concentration des électrons dans la zone périphérique entraîne automatiquement la condensation atomique dans la zone centrale. Cette hypothèse est conforme aux résultats expérimentaux précités.

Description des expériences. — Afin d'obtenir de bonnes mesures, nous avons utilisé un tube rond en verre de silice de $6^{cm^2},5$ de section et de 20^{cm} de hauteur utile. Ce tube, contenant une colonne de 130^{cm^3} de Hg, fut connecté aux bornes d'un transformateur, du type *Électrochimie*, à basse tension amenant un courant monophasé de 10^3 amp. environ. La densité de courant au début de l'expérience fut établie à 1,54 amp./mm². L'accroissement de la densité du courant, mesurée après l'établissement du régime sur la périphérie de la colonne, est de 8 %, c'est-à-dire 1,66 amp./mm² sous fréquence industrielle de 50 p : s. Au centre du tube, nous avons constaté une chute brusque du courant de 75 % environ, puis, à la distance de $0^{cm},5$ mesurée suivant le rayon vecteur, on constate une augmentation qui

(¹) H. Du Mesnil du Buisson, *Thèse de doctorat*, 402, série A 378, 1938, Paris.

amène le courant à 1,50 amp. En remontant le rayon vecteur, on ne constate plus de variation sensible de l'intensité du courant, sauf dans la zone périphérique, ainsi qu'il est indiqué plus haut. Les prises du courant furent réalisées par deux paires d'aiguilles de platine symétriquement mobiles et disposées dans la direction d'un diamètre; la manœuvre s'effectue de l'extérieur.

La vérification de l'accroissement de densité du métal dans la zone du centre a été faite au moyen des tubes manométriques très minces. La répartition de la densité paraît suivre bien régulièrement la loi parabolique dont il a été fait mention. A la fréquence utilisée l'effet pelliculaire produirait un défaut d'uniformité du courant plus faible que celui que nous avons observé.

OPTIQUE. — *Dichroïsme de la brucite dans le proche infrarouge.* Note de M. **Yeou Ta**, présentée par M. Aimé Cotton.

La symétrie des cristaux de brucite $Mg(OH)^2$ conduit à penser que la liaison de l'hydrogène à l'oxygène est dirigée parallèlement à l'axe sénaire du cristal (1). Notre travail sur le dichroïsme de l'iodoforme cristallisé (2) nous a suggéré que l'emploi du proche infrarouge peut permettre de voir s'il en est bien ainsi.

Nous avons pu y arriver en procédant de la même façon que dans le travail cité, c'est-à-dire en étudiant l'absorption dans une lame dont on fait changer l'inclinaison.

En effet, avec de la brucite, on ne peut avoir facilement que des lames parallèles au plan de clivage, normal à l'axe principal. La lame qui nous a servi (épaisse de $0^{mm},5$ environ) reçoit un faisceau sensiblement parallèle de lumière naturelle, d'abord sous un angle d'incidence de 40° par exemple : on observe alors, avec le spectromètre enregistreur employé (3), une bande d'absorption à $14000(\pm 10)$ A $[7142(\pm 5)cm^{-1}]$ (4). Si l'incidence décroît, l'intensité de cette bande diminue et elle disparaît tout à fait quand la lame

(1) Voir par exemple Mauguin, *Structure des Cristaux*, Paris, 1924, p. 248.

(2) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 990.

(3) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1371.

(4) On n'a pu étudier les autres bandes dans le proche infrarouge déjà signalées par Coblentz (*Bull. of Standard*, 7, 1911, p. 619) et par Plyler (*Phys. Rev.*, **28**, 1926, p. 284).

devient normale au faisceau. En employant un faisceau polarisé rectilignement, on vérifie que l'absorption de la radiation étudiée n'a lieu que lorsque le vecteur électrique a une composante parallèle à l'axe principal du cristal.

Or la bande observée correspond au premier harmonique de la fréquence de vibration de valence ν(OH). On voit donc que *cette vibration, et par suite la liaison* O — H *s'effectue bien suivant l'axe principal de la brucite,* comme cela arrivait pour la liaison C — H dans un monocristal d'iodoforme.

Nous remarquons en outre que la bande 2ν(OH) observée est relativement étroite et de fréquence plus élevée que les bandes correspondantes que l'on observe dans des substances (l'alcool par exemple, même dilué) où l'on admet l'existence d'un effet de *liaison d'hydrogène* (5). Cela signifie que *la vibration* OH *de valence dans le cas de la brucite est bien définie et n'est pas du tout perturbée par les autres atomes d'oxygène voisins.* Cela concorde bien avec la structure lamellaire de ce cristal, où les forces de cohésion entre les diverses couches cristallines sont très faibles.

Enfin on peut sans peine étendre les mêmes conclusions aux autres hydroxydes cristallisés ayant même constitution que la brucite, déterminée par les rayons X.

RAYONS X. — *Examen par diffraction de rayons X de cotons nitrés par l'acide nitrique en vapeurs.* Note (1) de MM. **Georges Champetier** et **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Plusieurs auteurs ont étudié les clichés de diffraction de rayons X de nitrocelluloses préparées à l'aide des mélanges sulfonitriques (2). M. Trombe (3) a décrit un nouveau procédé de préparation utilisant l'action des vapeurs d'acide nitrique sur la cellulose.

---

(5) Voir par exemple Freymann, *Journ. de Physique*, 9, 1938, p. 517; 10, 1939, p. 1.

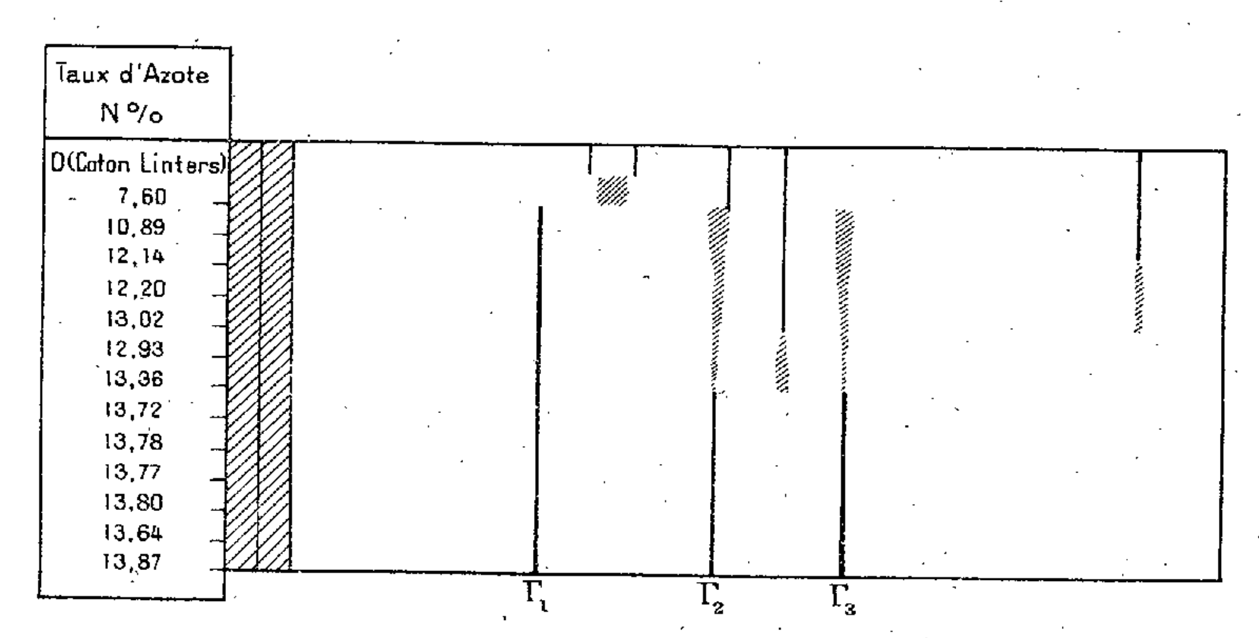
(1) Séance du 11 novembre 1940.

(2) Voir J. Duclaux et G. Champetier, *Cellulose, Traité de Chimie organique de* V. Grignard, G. Dupont et R. Locquin, 8, p. 796, 1205, Paris, 1938; M. Mathieu, *Réactions topochimiques, Nitration de la cellulose, Gélatinisation des nitrocelluloses*, Paris, 1936.

(3) A. Bouchonnet, F. Trombe et G. Petipas, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 560; *Mémorial des Poudres,* 38, 1938, p. 308.

La présente Note a pour objet l'étude aux rayons X de quelques nitrocelluloses obtenues par ce dernier procédé à partir de linters de coton et de vapeurs sèches d'acide nitrique pur, sous une pression de 35 à 70^{mm} de mercure, à des températures comprises entre 35 et 55°. En faisant varier le temps et la température de nitration, la pression et le débit des vapeurs nitriques, il a été possible de préparer des nitrocotons dont les taux d'azote s'échelonnent entre 6,3 et 13,9 %.

Le cliché de diffraction du nitrocoton à 13,87 % d'azote est tout à fait



comparable à ceux obtenus, en particulier par M. Mathieu, lors des nitrations sulfonitriques. Il se compose d'un cercle net et intense Γ_1 ($d_1 = 6,9$ Å) et de deux autres cercles nets et bien distincts

$$\Gamma_2 (d_2 = 4,5 \text{ Å}) \quad \text{et} \quad \Gamma_3 (d_3 = 3,5 \text{ Å}).$$

L'examen des clichés de diffraction des nitrocotons à taux d'azote plus faible montre que le cercle Γ_1 garde un diamètre invariable lorsque le taux d'azote diminue jusqu'à 10,89 %; sa netteté reste, en outre, très grande. L'équidistance d_1 conserve donc une valeur constante, et les plans réticulaires correspondants, parallèles à l'axe de fibre, restent parfaitement définis. Autrement dit, pour les taux d'azote compris entre 13,87 % et 10,89 %, les chaînes cellulosiques restent parallèles et d'écartement constant dans leur plan. Par contre, si les cercles Γ_2 et Γ_3 conservent eux aussi un diamètre invariable, ils perdent leur netteté à mesure que le taux d'azote devient plus faible. Pour les taux d'azote inférieurs à 13 % ils ne forment plus que deux halos flous.

Ceci est en accord avec les observations de M. Mathieu; les plans réticulaires qui coupent l'axe de fibre sont d'autant moins bien définis que le taux de nitration est plus faible.

Lorsque le taux d'azote des nitrocotons descend au-dessous de 13 %, certaines interférences de la cellulose apparaissent avec une netteté et une intensité d'autant plus grandes que le taux de nitration est plus faible. Les produits faiblement nitrés (7,60 % à 12,2 % d'azote) apparaissent nettement comme des mélanges de cellulose inaltérée et de produits nitrés à taux d'azote élevé.

Ces observations montrent que le processus de nitration par les vapeurs nitriques diffère de celui de la nitration par les mélanges sulfonitriques. La différence fondamentale paraît résider dans l'hétérogénéité des produits moyennement nitrés obtenus à l'aide des vapeurs d'acide nitrique. Alors que le réseau des nitrocelluloses sulfonitriques présente les caractères d'une solution solide ([3]), les nitrocelluloses étudiées ici apparaissent, d'après l'examen aux rayons X, comme des mélanges.

Les vapeurs d'acide nitrique à 100 % paraissent nitrer tout d'abord superficiellement le coton à un taux d'azote élevé, compris entre celui de la dinitro et de la trinitrocellulose ([4]), puis la réaction progresserait à l'intérieur des fibres et des cristallites, l'eau formée se trouvant continuellement entraînée par le flux rapide des vapeurs nitriques. En prolongeant la durée de nitration, le nitrocoton devient homogène; son taux d'azote est alors toujours très élevé, voisin de 13,9 %.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Structure des gerbes de rayons cosmiques.* Note ([1]) de MM. **Pierre Auger**, **Jean Daudin** et **Jean Wesolowski**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Nous avons montré ([2]) la présence, dans les grandes gerbes atmosphériques de rayons cosmiques ([3]), de particules ou groupes de particules présentant un pouvoir de pénétration plus élevé que celui que la théorie des cascades permet d'attribuer à des électrons. Certains de ces corpuscules peuvent être des mésons, mais une recherche systématique de ces derniers, dont le caractère principal doit être la faible production de gerbes à la traversée de la matière, ne nous a pas donné de résultats concluants.

([4]) L'interférence Γ_1 correspond à l'écartement des plans réticulaires $d_1 = 6.9$ Å observé par M. Mathieu pour les dinitrocelluloses.

([1]) Séance du 3 juin 1940.

([2]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 481.

([3]) *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 39.

Au contraire, nous avons trouvé la portion pénétrante des grandes gerbes associée à des gerbes locales, même si on les étudie après la traversée d'écrans de plomb épais de plus de 10^{cm}. Le rôle des faisceaux étroits d'électrons de très haute énergie a été signalé par nous à la suite de ces recherches. C'est une tentative d'analyse de la structure des gerbes produites par ces faisceaux que nous décrivons dans le présent travail.

2. Afin d'étudier les seules gerbes locales produites par des rayonnements de très haute énergie, nous avons opéré sur des portions de grandes gerbes atmosphériques d'une part et, d'autre part, sur des gerbes qui apparaissent dans des salles situées à 30 et à 100^m de profondeur dans le sol. L'écran producteur de gerbes locales était situé à une hauteur h au-dessus du plan horizontal dans lequel étaient disposés des compteurs; c'était généralement le plafond des salles, c'est-à-dire du béton, de l'argile, du bois, formés d'éléments chimiques de faible poids atomique. Dans le cas de recherches faites au-dessus du sol, à Paris, trois compteurs étaient disposés en coïncidences triples : deux d'entre eux, parallèles, placés à la distance variable d l'un de l'autre, et le troisième, écarté de 3 ou 4^m, servaient uniquement à sélectionner les grandes gerbes et éviter que les deux premiers compteurs ne soient déclenchés par une petite gerbe locale isolée. Dans le cas de recherches faites en sous-sol, le troisième compteur était simplement placé immédiatement au-dessus de l'un des deux premiers, son rôle se réduisant à diminuer le nombre de coïncidentes fortuites. Nous avons alors tracé dans chaque cas les courbes donnant la variation du nombre de coïncidences triples en fonction de la distance d, et constaté qu'elles présentaient un palier entre $d = h/30$ et $d = h/15$ environ. La hauteur h a varié suivant les cas de $1^m,4$ à 15^m, et les mesures ont été faites dans cinq laboratoires différents, trois au niveau du sol, deux en sous-sol.

Une analyse de la nature des branches de gerbes qui détermine le déclenchement des compteurs a été également faite, par l'utilisation d'écrans de plomb de 5^{cm} d'épaisseur placés sur l'un des compteurs. Cet écran est à peu près impénétrable aux branches des gerbes locales, formées d'électrons dont l'énergie ne dépasse pas 10^8 eV. L'effet produit par cet écran, lorsque les compteurs sont à la distance $d = h/30$, est faible : le nombre de gerbes enregistrées est abaissé de 30 % environ. Au contraire, si les compteurs sont placés à la distance $h/15$, l'effet de l'écran de plomb est très marqué.

Ces mesures sont à rapprocher des observations de Bothe et Schmeiser sur les différences entre des gerbes de petit et de grand angle de divergence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les spectres d'absorption dans le proche infrarouge de l'acide nitrique à 100 % et en solution aqueuse.* Note de MM. **René Dalmon** et **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

La structure de l'acide nitrique et l'examen de ses solutions ont fait l'objet de nombreuses études physicochimiques [1]. Mais, en ce qui concerne les spectres d'absorption infrarouge, à notre connaissance, seul a été examiné le spectre de l'acide nitrique à l'état de vapeur [2] : vers $0^{\mu},98$ il y aurait dans la vapeur une bande $3\nu(OH)_{l}$ (présentant au moins 5 composantes rotationnelles), bande caractéristique des groupements OH libres [3] de NO^2OH.

Le spectre infrarouge correspondant de l'acide nitrique liquide à 100 % et de ses solutions dans divers solvants ne semblait pas avoir été étudié jusqu'ici. Nous donnons donc ci-dessous nos résultats relatifs aux spectres d'absorption entre 0,8 et $1^{\mu},2$ environ : 1° *de l'acide nitrique liquide à* 100 % [4]; 2° *de solutions aqueuses* d'acide à 98,76, 96,63, 94,64, 92,55, 90,64, 85 et 80 % en poids. L'acide nitrique a été préparé à l'état très pur par une méthode déjà décrite [1]; les solutions ont été titrées à la soude.

Les spectres ont fait l'objet de mesures quantitatives effectuées en enregistrant successivement les déviations I du galvanomètre sous des épaisseurs de 2,5 et 5^{cm}. Sur la figure 1, les valeurs de $K = 2\log_{10}(I_{2,5}/I_5)$ ont été portées en ordonnée, celles des longueurs d'onde en abscisse.

I. Nos résultats relatifs à NO^3H liquide à 100 % et ceux de Badger et Bauer relatifs à NO^3H vapeur montrent : 1° *que l'acide nitrique renferme bien un groupement* OH *dans la molécule;* 2° *que les molécules d'acide nitrique à* 100 % *sont très fortement associées entre elles.*

En effet (figure 1, courbe 1), la bande caractéristique des groupements OH libres [$3\nu(OH)_{l}$ vers $0^{\mu},98$] n'apparaît pas sensiblement pour le liquide

---

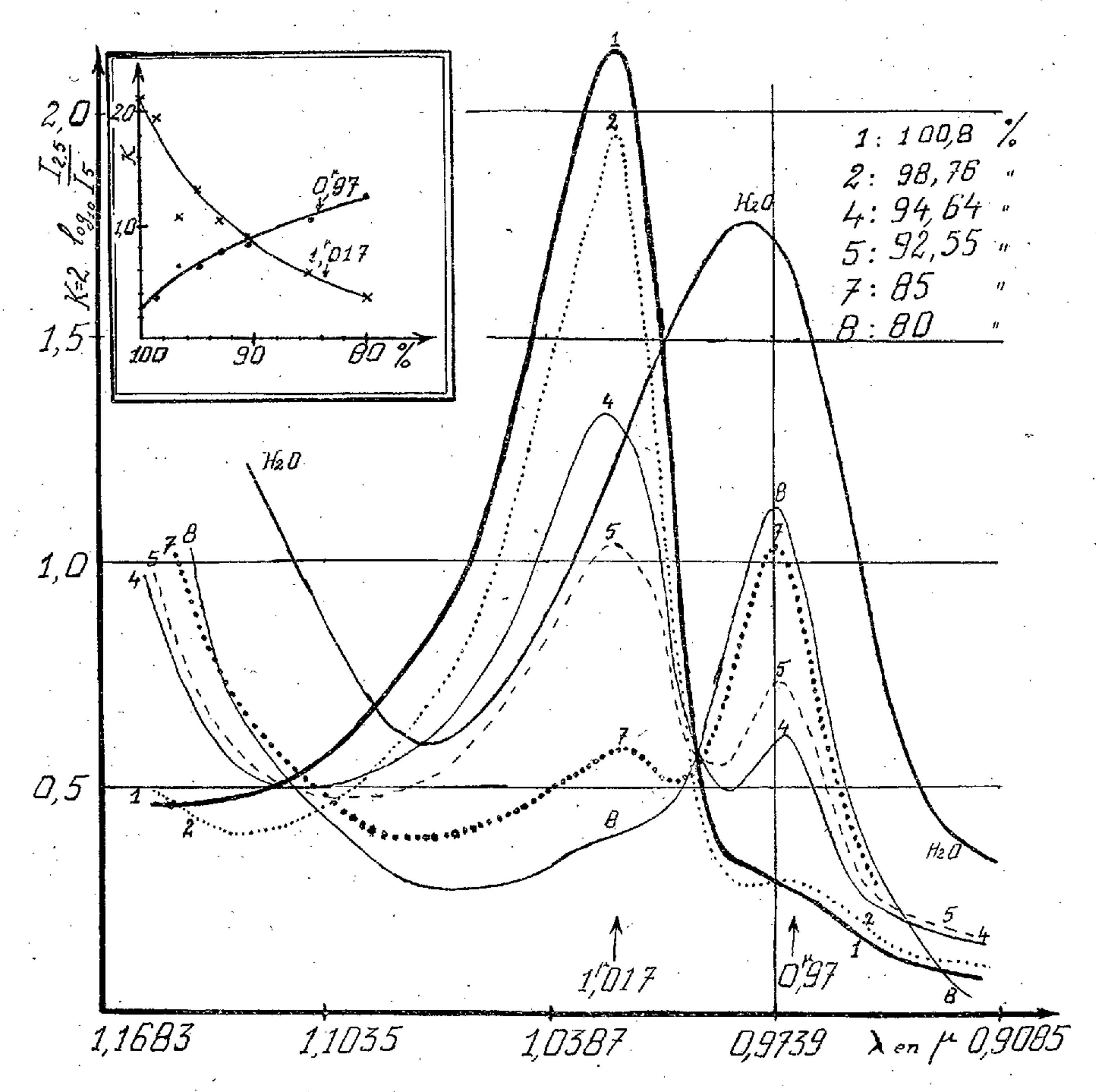
(1) J. Chédin, *Ann. de Chimie*, **11**, vii, 1937, p. 243; R. Dalmon, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 473 et **209**, 1939, p. 413; J. Desmaroux, J. Chédin et R. Dalmon, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 455; K. W. F. Kohlrausch, *Naturwissenschaften*, **25**, 1931, p. 5637; Médard et T. Petitpas, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1221 et **198**, 1934, p. 88.

(2) R. M. Badger et S. H. Bauer, *J. chem. Phys.*, **4**, 1936, p. 711.

(3) R. Freymann, *Journ. Phys.*, **9**, 1938, p. 517; **10**, 1939, p. 1.

(4) En réalité, cet acide, obtenu par distillation d'un mélange acide sulfurique 2 p. + acide nitrique 1 p., titrait 100,8 %.

à 100 % ; par contre *la bande très intense et large vers* $1^{\mu},017$ *peut être attribuée à coup sûr aux molécules d'acide associées :* c'est la bande $3\nu(OH)_s$ que l'on observe vers $1^{\mu},04$ pour les alcools, les oximes ou les acides



organiques ([3]). Cette association des molécules peut se faire *soit par deux molécules* (comme pour RCOOH) suivant le schéma

$$O = N\begin{matrix} \diagup OH \leftarrow O \diagdown \\ \diagdown O \rightarrow HO \diagup \end{matrix}N = O$$

soit par chaînes $\left(\text{comme pour ROH ou } {}^{R'}_{R}\!\!>\!C = NOH\right)$; d'ailleurs la formule développée de l'acide nitrique rendrait plus vraisemblable le rapprochement avec les acides organiques; l'association par deux molécules s'accorde également avec le fait que seul l'acide nitrique concentré, — sous forme homéopolaire, — nitre la cellulose.

II. *Quand on dilue l'acide nitrique dans l'eau, l'intensité de la bande d'association de* $1^{\mu},017$ *diminue rapidement; elle a presque disparu pour la solution à* 80 %. Parallèlement à cet effet, on note l'apparition, avec une intensité croissant avec la dilution, d'une bande voisine de $0^{\mu},97$. Sur la figure le médaillon indique les variations d'intensité des deux bandes en fonction de la concentration.

L'hypothèse la plus vraisemblable pour interpréter cette apparition c'est qu'il s'agit de la fréquence $3\nu\,(OH)_s$, à $0^{\mu},97$, de l'eau. Cependant on peut se demander s'il n'existe pas, masquée par cette bande de l'eau, une autre bande caractéristique des molécules NO^2OH non associées, $3\nu\,(OH)_v$ observée pour la vapeur vers $0^{\mu},98$ (²).

Un tel exemple de superposition est fourni par les solutions aqueuses de soude NaOH ou de potasse KOH : une bande OH de la soude, très intense dans la solution aqueuse 10N, se trouve à $0^{\mu},9675$ dans la même région spectrale que la bande $3\nu(OH)_s$ de l'eau.

Si donc l'on ne peut rien dire en ce qui concerne les molécules NO^2OH non associées contenues dans la solution aqueuse, on peut penser, d'après la disparition de la bande à $1^{\mu},017$, que la dilution dans l'eau commence par *désassocier* les molécules d'acide, puis les dissocie.

En résumé, l'acide nitrique liquide à 100 % *renferme un groupement* OH *dans sa molécule et les molécules sont très fortement associées entre elles. Par dilution dans l'eau, la bande de* $1^{\mu},017$, *caractéristique des molécules associées, disparaît rapidement.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les lactones colorées benzonaphtyrones.* Note de M. **Paul Chovin**, présentée par M. Marcel Delépine.

M'étant attaché (¹) à l'étude des corps connus sous le nom de *Colorants de Pechmann* (¹), j'ai, en particulier, décrit une synthèse qui consiste à condenser un acide β-aroylpropionique sur un acide aroylpyruvique selon le schéma ci-contre.

A cette occasion, j'ai établi que ces colorants sont caractérisés par un enchaînement dilactonique central, pour lequel avait été proposé le nom de *naphtyrone* (²), par analogie avec les naphtyridines de squelette azoté correspondant. Ce sont des diaryl-3.7-naphtyrones.

(¹) *Ann. de Chimie,* 11ᵉ série, **9**, 1938, p. 447; *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1418; **208**, 1939, p. 1228; **209**, 1939, p. 169.

(²) Ch. Dufraisse et P. Chovin, *Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **1**, 1934, p. 790.

La présente Note a pour objet l'extension de la réaction précédente à la synthèse de corps lactoniques d'un type nouveau. Dérivant encore des naphtyrones, ce sont, cette fois, des *benzonaphtyrones*.

Le schéma ci-dessus montre, comme il est logique de l'admettre, les acides aroylpropionique et aroylpyruvique sous forme énolique. De là l'idée de faire intervenir, dans la condensation, non plus un oxhydryle énolique, mais un oxhydryle phénolique. Pour que la place des atomes de carbone soit respectée, et, en particulier, celle de la double liaison énolique, il faut que cet oxhydryle phénolique soit en position *ortho* par rapport à une chaîne latérale présentant un carboxyle en position β. Autrement dit, on doit pouvoir remplacer les acides β-aroylpropionique et aroylpyruvique par les acides *o*-hydroxyphénylacétique et *o*-hydroxyphénylglyoxylique.

Ce remplacement aura pour effet de conduire à des corps dont la structure différera essentiellement de celle des diarylnaphtyrones, en ce sens que le groupement dilactonique central, au lieu de porter des substitutions aryliques, sera flanqué par un ou deux cycles en benzo.

Il est à remarquer que l'annellation des cycles en benzo est angulaire, ce qui, d'après ce que l'on sait des effets hypsochromes, doit entraîner une diminution de la teinte.

C'est ce que j'ai constaté en condensant, au moyen du tribromure de phosphore, l'acide *o*-hydroxyphénylacétique sur l'acide benzoylpyruvique. On obtient ainsi une dilactone portant un cycle accolé en même temps qu'un substituant phénylique. C'est la phényl-3-benzo-7,8-naphtyrone (II). Après purification par recristallisations répétées dans le xylène et sublimation sous vide poussé, ce corps se présente en cristaux rouges (alors que la naphtyrone à deux substituants phényliques est rouge violacé) et fond instantanément au bloc d'or à 269°.

Pour fixer plus sûrement sa constitution, il était indiqué d'en faire la synthèse par une deuxième voie. Cette possibilité, qui est offerte aux diarylnaphtyrones lorsque les aryles substituants sont différents, subsiste

encore dans l'exemple actuel : il suffit, en effet, de permuter le carbonyle et le méthylène dans les acides de départ. En d'autres termes, on doit obtenir le même corps en faisant réagir l'acide *o*-hydroxyphénylglyoxylique sur l'acice β-benzoylpropionique. Effectivement, le corps qui a été obtenu dans ces conditions fond également à 269° et est bien identique au précédent (épreuve du mélange).

Ce résultat confirme ce qui a été démontré à propos des diarylnaphtyrones, en ce qui concerne l'arrangement dilactonique central : cet arrangement est symétrique, sinon la permutation des fonctions dans les matières premières aurait eu pour conséquence la formation de deux corps différents.

En résumé, les benzonaphtyrones, dont cette Note décrit le premier représentant, sont des corps dilactoniques colorés dont le squelette général dérive de celui du phénanthrène par remplacement des deux carbones 3 et 9 par deux oxygènes. Je poursuis l'étude de leurs propriétés chimiques.

HYDROLOGIE. — *Sur les débits d'hiver de la Volga à Samara.* Note de M. **Vladimir Frolow.**

L'hiver comporte toujours dans le bassin de la Volga une suspension plus ou moins longue d'alimentation par le ruissellement. Cependant, les eaux souterraines peuvent encore recevoir un apport pendant les journées à température élevée, lorsque la neige commence à fondre. Le débit de la Volga est influencé de ce fait, et il est certain que le régime propre non influencé (au sens de M. Ed. Maillet) des eaux souterraines ne se réalise, en général, que pendant une partie de l'hiver.

F. I. Bydine [1] a établi la relation empirique entre la hauteur du niveau de l'eau lue à l'échelle de Samara pendant la durée des glaces

[1] *Régime hivernal des fleuves et les méthodes de son étude*, Leningrad, 1933.

et le débit. Cette conversion des observations du niveau qui couvre les années 1881-1882 à 1928-1929 a été utilisée pour chercher en première approximation quelle est la capacité souterraine qui alimente la Volga en hiver et quelles étaient ses variations depuis 1881.

Le report en coordonnées semi-logarithmiques des graphiques de F. I. Bydine montre que l'on peut exprimer leur partie régulièrement décroissante par l'équation à paramètres uniques, entre les débits de 5000 à 1100 m³/s,

$$Q = 5000 e^{-0,00221 t}.$$

On obtient dès lors, pour la durée des observations publiées par F. I. Bydine, une mesure de la capacité mise en jeu. Elle est égale à $C = 152\,\mathrm{km}^3$. La capacité qui serait vidée par un tarissement complet de la Volga, en régime défini par l'équation précédente, à partir du débit de $5000\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$, serait de $195\,\mathrm{km}^3$. On peut donc dire que les variations du débit d'hiver à Samara correspondent à la libération des 3/4 environ de la capacité souterraine qui l'alimente.

La lenteur de la décrue est telle, cependant, qu'il faut beaucoup plus d'une année pour aboutir à une très grande vidange de la capacité souterraine; et, de fait, la capacité libérée entre deux années consécutives a été de $65,5\,\mathrm{km}^3$ au maximum, soit de 43 % de celle (C) qui fut intéressée par les décrues d'hiver entre 1881 et 1929. Au contraire le remplissage de la capacité souterraine, qui dépend de la pluie, a été parfois plus rapide, atteignant en une année $91,6\,\mathrm{km}^3$, soit 60 % de C. La perte moyenne de capacité était de $22\,\mathrm{km}^3$ par an, et le gain moyen de $31\,\mathrm{km}^3$ par an. Le régime d'hiver de la Volga à Samara est donc influencé plus rapidement par les pluies de l'été précédent que par le tarissement.

Le tableau ci-après permet de se rendre compte que pendant l'intervalle de temps considéré les réserves souterraines ont eu une tendance à l'augmentation

En rapportant à la surface du bassin versant de la Volga en amont de Samara les valeurs de la capacité obtenues par le calcul précédent, on voit que la capacité totale correspond à une tranche de pluies de l'ordre de 150^{mm}; celle alimentant les débits de 5000 à $1100\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$ à une tranche de l'ordre de 120^{mm}, la vidange annuelle maximum à 50^{mm}, et la vidange annuelle moyenne à 17^{mm}; tandis que le remplissage annuel maximum correspondrait à 70^{mm} et à 24^{mm} en moyenne, entre 1881 et 1929.

Année.	Débit minimum en hiver m³/s.	Différence m³/s. +	Différence m³/s. —	Variation partielle de la capacité km³. +	Variation partielle de la capacité km³. —	Variation cumulée de la capacité km³. +	Variation cumulée de la capacité km³. —
1882	1720						
1883	1650	—	70	—	2,73	—	2,73
1884	1900	250	—	9,75	—	7,02	—
1885	1400	—	500	—	19,50	—	12,48
1886	2150	750	—	29,25	—	16,77	—
1887	2120	—	30	—	1,17	15,60	—
1888	2150	30	—	1,17	—	16,77	—
1889	1820	—	330	—	12,87	3,90	—
1890	2010	190	—	7,41	—	11,31	—
1891	1640	—	370	—	14,43	—	3,12
1892	1440	—	200	—	7,80	—	10,92
1893	1950	510	—	19,89	—	8,97	—
1894	2400	450	—	17,55	—	26,52	—
1895	3650	1250	—	48,75	—	75,27	—
1896	1970	—	1680	—	65,52	9,75	—
1897	1950	—	20	—	0,78	8,97	—
1898	1250	—	700	—	27,30	—	18,33
1899	3600	2350	—	91,65	—	73,32	—
1900	2000	—	1600	—	62,40	10,92	—
1901	2160	160	—	6,24	—	17,16	—
1902	1760	—	400	—	15,60	1,56	—
1903	2400	640	—	24,96	—	26,52	—
1904	1780	—	620	—	24,18	2,34	—
1905	2300	520	—	20,28	—	22,62	—
1906	3120	820	—	31,98	—	54,60	—
1907	2000	—	1120	—	43,68	10,92	—
1908	1425	—	575	—	22,42	—	11,50
1909	1760	335	—	13,06	—	1,56	—
1910	1550	—	210	—	8,19	—	6,63
1911	1310	—	240	—	9,36	—	15,99
1912	2300	990	—	38,61	—	22,62	—
1913	1900	—	400	—	15,60	7,02	—
1914	3200	1300	—	50,70	—	57,72	—
1915	2350	—	850	—	33,15	24,57	—
1916	2150	—	200	—	7,80	16,77	—
1917	3500	1350	—	52,65	—	69,42	—
1918	1900	—	1600	—	62,40	7,02	—
1919	2020	120	—	4,68	—	11,70	—
1920	1930	—	90	—	3,51	8,19	—
1921	1200	—	730	—	28,47	—	20,28
1922	1300	100	—	3,90	—	—	16,38
1923	3000	1700	—	66,30	—	49,92	—
1924	2600	—	400	—	15,60	34,32	—
1925	2020	—	580	—	22,62	11,70	—
1926	3000	980	—	38,22	—	49,92	—
1927	4900	1900	—	74,10	—	124,02	—
1928	4700	—	200	—	7,80	116,22	—
1929	3600	—	1100	—	42,90	73,32	—

PHYSIQUE DU GLOBE. — *De l'influence des marées sur le régime des puits artésiens.* Note ([1]) de MM. **Paul Mondain-Monval** et **Roger Wellard**, présentée par M. Charles Maurain.

Les habitants de nos régions côtières peuvent remarquer que leurs puits artésiens présentent, au cours d'une même journée, de notables variations de débit, celui-ci accusant une augmentation sensible au moment de la marée. Ces variations nous sont apparues avec une netteté tout à fait frappante sur les bords du Bassin d'Arcachon, où l'on utilise couramment pour l'alimentation en eau douce et l'arrosage des potagers des puits artésiens de faible débit, dont la profondeur de forage varie entre 100 et 500 mètres. Le phénomène nous a semblé si remarquable qu'il nous a paru intéressant d'en faire une étude détaillée, et nous en résumons ici les principaux résultats.

Nos observations, poursuivies pendant les mois d'août et de septembre 1940, ont porté sur trois puits artésiens de la commune d'Arès, localité située sur le bord septentrional du bassin d'Arcachon et, plus particulièrement, sur l'un d'eux, d'une profondeur de forage de 100 mètres, distant seulement d'une centaine de mètres de la côte. Les mesures de débit étaient effectuées en recevant dans un récipient de forme appropriée, d'une capacité de $2^{l},36$, la totalité de l'eau sortant du puits artésien et en chronométrant, au vingtième de seconde, la durée du remplissage. Elles étaient exécutées à intervalles plus ou moins espacés, de manière à permettre le tracé d'une courbe des débits en fonction du temps. D'autre part il nous était possible, grâce à un dispositif spécial, d'apprécier à chaque instant la hauteur de la marée à l'approche de la pleine mer; par suite de tracer une courbe des niveaux et de fixer très exactement l'heure de la marée locale.

Voici les conclusions auxquelles nous avons pu aboutir :

1° Le débit des puits artésiens suit avec une fidélité et une régularité remarquables les alternances du phénomène des marées. Faible à marée basse, il s'élève lorsque la mer monte, pour atteindre un *maximum assez aigu à l'heure exacte de la marée locale*.

La concordance des maxima de débit et de niveau de la mer est telle que la simple lecture du graphique des débits permet de déterminer l'heure de la pleine mer, à 5 minutes près. Dès que la mer redescend, le débit diminue, mais moins rapidement qu'il ne s'élève à marée montante. Il passe ensuite par un minimum, qui ne coïncide pas exactement avec l'heure de la marée basse, mais révèle, au contraire, un retard sensible de l'établissement du débit minimum vis-à-vis du passage de la mer à son niveau le plus bas. On peut, en outre, à la basse mer, observer certaines perturbations

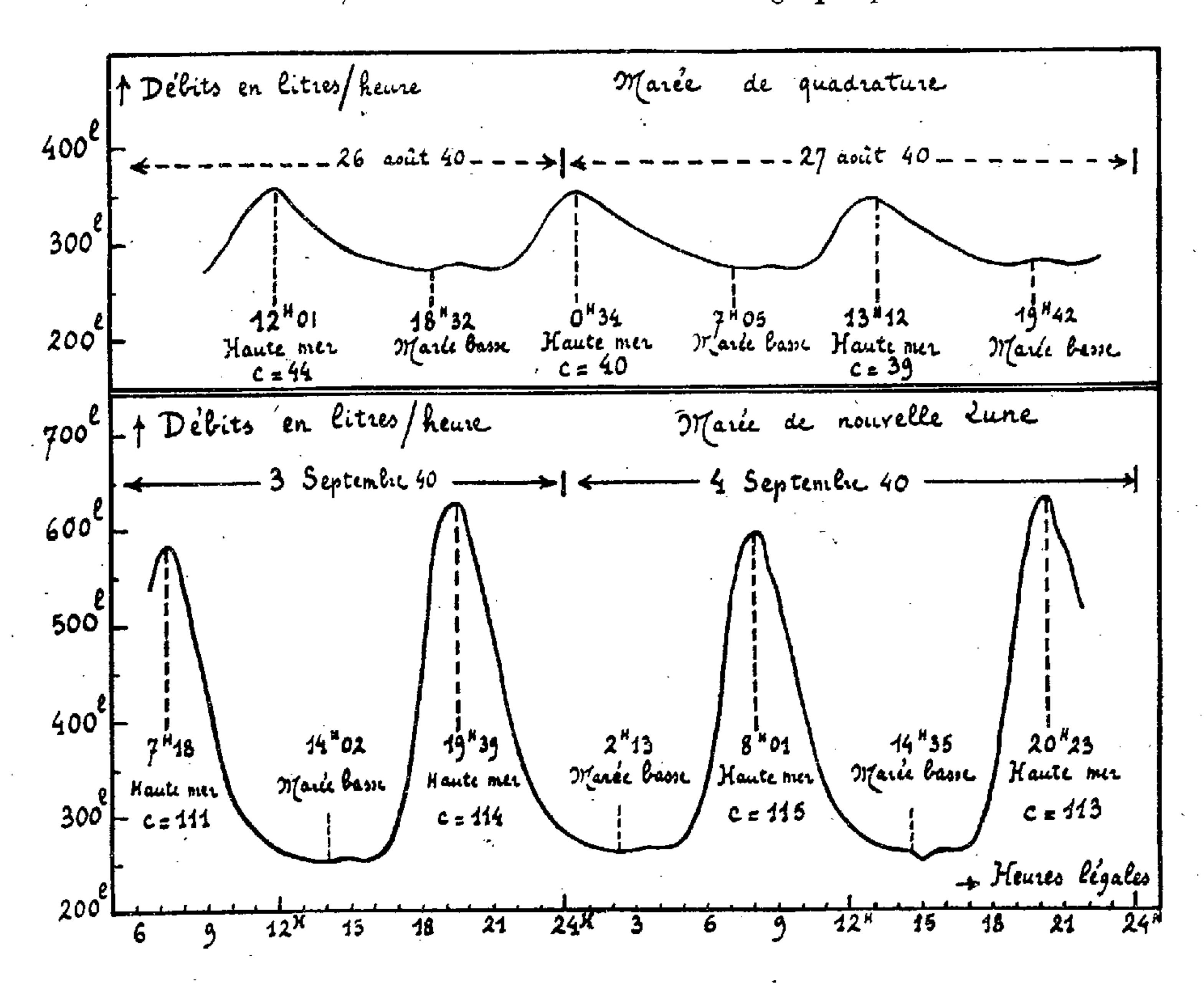
---

([1]) Séance du 11 novembre 1940.

du régime des débits, dont nous ne pouvons donner actuellement d'explication satisfaisante.

2° *Le débit reflète, en quelque sorte, toutes les particularités secondaires du phénomène des marées :*

a. Il est tout d'abord *rigoureusement subordonné aux variations du coefficient de hauteur.* On sait que les différences de niveau observées entre une basse mer et la haute mer qui lui succède subissent une évolution périodique réglée par les phases de la Lune. Ces différences, minima aux époques des quadratures, deviennent maxima à celles de la sizygie. Le débit des puits artésiens accuse fidèlement ces variations du coefficient de hauteur c, comme le montrent les deux graphiques ci-dessous, tracés à la



même échelle et relatifs au même puits. On y constate qu'aux *mortes eaux* du dernier quartier de la fin d'août 1940, le débit horaire n'a varié que de 274 litres (marée basse) à 347 litres (marée haute); tandis qu'aux *vives eaux* de la nouvelle Lune suivante l'écart s'est étendu de 250 à 630 litres, écart considérable comme on le voit

b. Le niveau des eaux de la mer à l'heure de la marée peut être supérieur au niveau théorique fixé par le coefficient de hauteur (action du vent, soufflant de la mer vers la côte; marées du soir supérieures, à égal coefficient de hauteur, aux marées du matin). On observe alors, très régulièrement, une augmentation de débit.

c. Nous avons pu constater que, lorsque la mer atteint un même niveau au cours de ses montées successives, le débit reprend une valeur très sensiblement identique.

3° Enfin, si l'étude simultanée des variations de débit des trois puits examinés montre que l'influence de ces divers facteurs se fait sentir pour chacun d'eux, cette influence s'atténue progressivement, comme il était à prévoir, avec leur éloignement de la mer.

4° Il est manifeste que l'origine de ces curieux phénomènes réside dans les variations de pression provoquées par les eaux de la mer sur les nappes souterraines d'eau douce qui alimentent les puits, soit que cette pression s'exerce par l'intermédiaire de couches géologiques imperméables, soit qu'elle détermine des déplacements liquides dans les multiples canaux ou capillaires de couches perméables, ce qui implique en somme une communication entre les eaux salée et douce. Ces déplacements, d'ailleurs alternés comme les marées, seraient probablement assez limités. Cette dernière hypothèse doit toutefois tenir compte du fait que l'eau des puits est totalement exempte de chlorures, comme l'accuse sa réaction rigoureusement négative au nitrate d'argent.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Une racine principale binaire résulte bien de l'accollement de deux rhizes primordiales*. Note de M. **Georges Bouvrain**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En 1921, G. Chauveaud [1] se décidait à publier une observation faite par lui longtemps auparavant sur une Ombellifère qu'il n'avait pu identifier malgré de longues et patientes recherches. Il montrait que, dans la racine de cette plante, les deux phyllorhizes constitutives primordiales restaient distinctes, non seulement par leurs feuilles et leurs caules, ce qui est la règle générale, mais encore par leurs rhizes à l'intérieur même de la racine. Ce fait, qu'il constatait pour la première fois, lui parut, avec raison, tout à fait exceptionnel et fondamental.

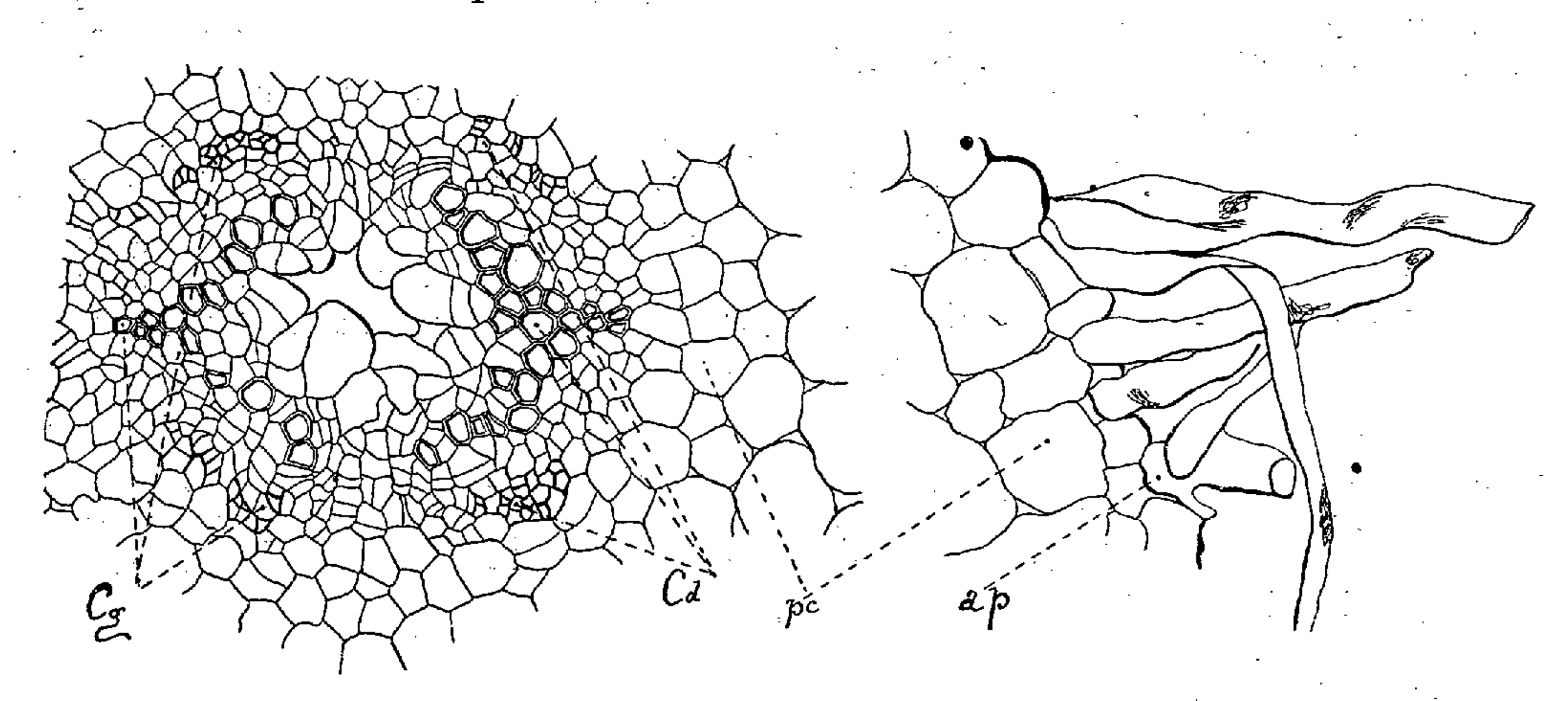
Je me propose de montrer aujourd'hui comment un léger traumatisme d'une racine de Chou a eu pour effet, localement, de faire apparaître les deux rhizes primordiales constitutives de cette partie radiculaire par la suppression de certains éléments conducteurs et leur transformation en fausse moelle (voir la figure).

Dans cette racine, à ce niveau et à cet âge, une bande vasculaire alterne et diamétrale serait normalement réalisée par la convergence des xylèmes; à plus forte raison, la réunion des phloèmes devrait-elle être complète puisque la convergence des phloèmes est toujours plus rapide que celle des xylèmes. Il en résulte que, normalement, il est impossible de faire le

---

(1) *La constitution des plantes vasculaires révélée par leur ontogénie*, Paris, 1921, p. 128.

départ entre le phloème de la rhize de droite et celui de la rhize de gauche, même lorsque les xylèmes sont encore séparés. Ici, le traumatisme provoque une hyperplasie des éléments centraux; ceux-ci donnent une fausse moelle et non plus des vaisseaux.



Pour y suppléer sont apparus des éléments intermédiaires et superposés; (accélération pathologique) disposés à la périphérie du cylindre central, devenu circulaire alors qu'il devrait être elliptique. Ils sont accompagnés de cloisonnements secondaires de la zone génératrice anormalement abondants, mais nettement moins nombreux dans le plan intercotylédonaire. Ce qui est encore plus frappant et plus démonstratif, c'est l'absence de tubes criblés dans ce même plan intercotylédonaire, de telle sorte que le convergent de droite correspondant à la rhize de droite se trouve pathologiquement séparé du convergent de gauche correspondant à la rhize de gauche. L'espace compris entre les phloèmes est occupé par un parenchyme conjonctif, qui est ainsi un véritable rayon médullaire et non un parenchyme libérien comme on le croit généralement. Sans le traumatisme, les groupes de phloèmes auraient formé deux faisceaux, l'un dans la partie supérieure de la coupe, l'autre dans la partie inférieure; c'est leur position. Ils sont très écartés pour un même convergent, superposés à l'extrême limite des ailes vasculaires, et ne sont séparés des phloèmes du convergent voisin que par un petit nombre de cellules parenchymateuses; celles-ci ne présentent aucune trace d'altération, pas plus que les tubes criblés eux-mêmes; il ne s'agit pas de parenchyme de remplacement.

La formation et l'indépendance des deux rhizes constitutives, grâce à la séparation de leurs groupements conducteurs respectifs, est ici presque

aussi nette que dans l'échantillon très jeune étudié par G. Chauveaud. On peut regretter qu'elle soit artificielle, qu'elle constitue un cas tératologique; elle a néanmoins l'avantage de fournir la preuve de la dualité de constitution, dans une racine déjà très évoluée.

CRYPTOGAMIE. — *Entomophthorée pathogène pour divers moustiques de la Station expérimentale du domaine de Richelieu.* Note de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Marin Molliard.

Afin d'étudier les conditions qui favorisent la ponte des moustiques et de capturer des femelles gravides en vue d'observer leur mécanisme de reproduction, nous avions disposé, à la Station expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire), un certain nombre de cuves de verre renfermant des macérations de feuilles, de foin, de crottin, de déjections humaines, d'eau pure et d'eau rendue toxique par l'arsénite de soude. Ces gîtes artificiels, placés, les uns dans la cour du laboratoire, les autres sous des arbustes bordant un massif boisé, étaient examinés trois fois par jour : au crépuscule, puis une heure ou deux plus tard, enfin le lendemain matin vers 9^h.

A partir du 20 août, quelques moustiques morts se trouvaient sur l'eau et, le 29 du même mois, ayant constaté que ces insectes étaient tués par une *Empusa*, nous les avons récoltés régulièrement. Du 29 août au 30 septembre 1940, nous avons ainsi recueilli 105 *Culex pipiens* infectés, dont 101 femelles et 4 mâles, et une femelle de *Theobaldia annulata* également parasitée (voir la figure).

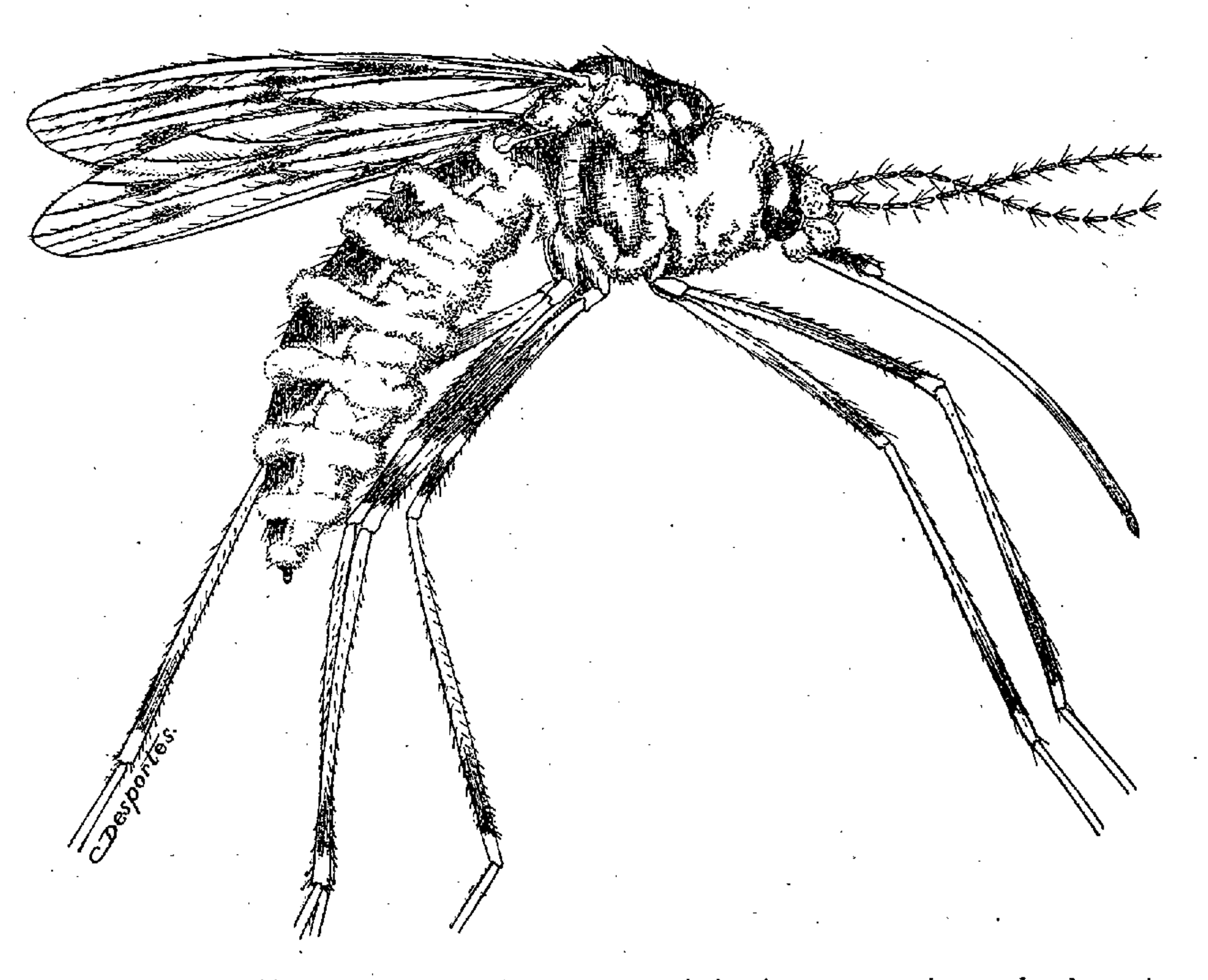
L'*Empusa* étudiée par nous présente les caractères suivants :

Conidies ovoïdes, à base large, à sommet arrondi, non apiculé, de dimensions variables chez le même moustique, 45×30, 40×30, 35×18, 34×20, 20×14, toujours uniguttulées, à vacuole volumineuse. Les conidies expulsées ne semblent pas entourées d'une masse protoplasmique provenant du conidiophore. Conidiophores simples, claviformes au sommet, dressés, prenant naissance sur des fragments mycéliens irréguliers (oïdies) produisant un filament simple de 400 à 450^{μ} de longueur. Conidiophores en colonies blanches émergeant dans les espaces intersegmentaires de l'abdomen (figure), des articulations des pattes et des ailes, ainsi qu'au niveau du cou, ne formant jamais un feutrage continu à la surface du corps. Cystides absentes; conidies secondaires rares ressemblant aux conidies primaires, mais plus petites, de $20 \times 16^{\mu}$ environ. Œufs (azygospores) surtout latéraux, sphériques, incolores, mesurant de 25 à 54^{μ}, prenant naissance sur des fragments mycéliens courts, irréguliers.

Hôtes parasités trouvés sur l'eau, ne se fixant pas par des rhizoïdes sur les supports placés sous eux après leur mort.

Le champignon que nous venons de décrire possède des conidiophores simples et des conidies multinucléées; il appartient donc certainement au genre *Empusa*, car le genre *Entomophthora* présente des conidiophores ramifiés et des conidies unicellulaires.

Nos recherches bibliographiques nous ont permis d'établir que six espèces d'entomophthorées ont été signalées chez les moustiques. Ce sont, en suivant l'ordre chronologique de leur description, les espèces suivantes : *Empusa culicis* Braun, 1855; *Entomophthora sphærosperma* Fresenius, 1856; *Empusa conglomerata* Sorokin, 1876 (*non* Thaxter, 1888); *Entomophthora rhizospora* Thaxter, 1888; *Entomophthora henrici* Molliard, 1918; *Entomophthora schrœteri* n. sp. (=*Empusa rimosa* Schrœter, 1885, *non* Sorokin, 1876). Nous donnerons au champignon identifié avec quelque doute par Thaxter à l'*Empusa conglomerata* de Sorokin, dont il est en réalité tout à fait différent, le nom d'*Empusa Thaxteri*, n. sp.



Moustique (*Theobaldia annulata*) présentant une infection spontanée par le champignon *Empusa conglomerata* ayant envahi une partie de la surface des téguments en moins de 8 heures.

Nous estimons que l'*Empusa* des moustiques de Richelieu appartient à l'espèce *Empusa conglomerata* décrite par Sorokin et bien étudiée par Nowakowski sous le nom d'*Empusa grylli* (Fresenius, 1858).

Nous avons essayé d'infecter des moustiques à l'état adulte, soit par voie cutanée, soit par la voie digestive, ainsi que des larves par ces deux procédés à la fois. Connaissant la faible longévité des conidies, nous avons toujours utilisé des *Culex pipiens* fortement infectés, récoltés le jour même ou la veille, dont les conidies vivantes étaient susceptibles de germer.

Sans entrer dans le détail de nos nombreuses expériences, nous signalerons néanmoins que 90 *C. pipiens*, mis au contact de moustiques à *Empusa*, et 115 exemplaires de cette même espèce ayant ingéré des conidies, sont restés indemnes; d'autre part, sur 115 larves de *C. pipiens*, une seule a donné naissance à un moustique parasité.

En nous bornant à l'étude des *C. pipiens* mis en expérience dans diverses conditions, nous constatons qu'une seule infection a été obtenue sur environ 355 insectes examinés. Il est possible que, dans la nature, l'infection soit encore plus rare.

Les expériences que nous venons de publier sont, à notre connaissance, les premières qui aient été effectuées sur des moustiques, et elles semblent démontrer la faible réceptivité de ces insectes à l'espèce d'*Empusa* que nous avons utilisée. Nous espérons, en employant les méthodes de Molliard (1918) et de Sawyer (1929), obtenir des cultures et étudier le rôle pathogène éventuel de ces dernières pour divers insectes.

GÉNÉTIQUE. — *Teneur en acide ascorbique de quelques variétés de Piment, de Tomate et de leurs hybrides.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La méthode que nous avons employée pour le dosage de l'acide ascorbique (vitamine C) est basée sur la réduction photochimique du bleu de méthylène par cette substance, réaction d'abord étudiée par Martini et Bonsignore (1936) et utilisée dernièrement par Mentzer (1940) dans des conditions qui augmentent sa spécificité. Nous avons donc opéré suivant les indications de ce dernier auteur. Les résultats sont exprimés en milligrammes d'acide ascorbique pour 100g de substance fraîche.

Nous avons analysé deux variétés de Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) var. Jaune grosse d'Italie et var. Tomate Cerise, ainsi que leurs hybrides de la sixième génération (F_6), ces formes cultivées en plein air côte à côte

à Bellevue (S.-et-O.). On a étudié successivement les fruits à divers états de maturité, puis les fruits complètement mûrs. Pour ces derniers, la variété Jaune grosse d'Italie donne de 12 à 17^{mg} d'acide ascorbique pour 100^g de substance fraîche; la Tomate Cerise, dont le fruit est rouge vif, en renferme 44^{mg}. Dans cette dernière variété bien définie et très ancienne, on trouve chez les fruits verts 18^{mg}, chez les fruits commençant à rougir 30^{mg}, le fruit mûr rouge vif contenant 44^{mg}.

L'augmentation de teneur en acide ascorbique n'est nullement liée à la couleur du pigment, mais bien à l'état de maturité. En effet, des fruits de la taille de la Tomate Cerise (poids des fruits de 4 à 7^g) provenant de l'hybridation des variétés citées plus haut (F_6), donnent 49^{mg}, bien que de couleur jaune. Des tomates jaunes de taille moyenne provenant de la même disjonction (poids du fruit, 38^g) donnent seulement 28^{mg} d'acide ascorbique; enfin, une lignée de tomates jaunes plus grosses (1 fruit, 105^g) donne une teneur plus faible encore, 20^{mg}, tendant vers le type qui contient de 12 à 17^{mg}.

De la même hybridation, les fruits rouges donnent la série suivante : taille de la Tomate Cerise (1 fruit, 7^g), 41^{mg}; autre lignée (1 fruit, $9^g,7$), 40^{mg}; autre lignée (1 fruit, 51^g), 25^{mg}; autre lignée (1 fruit, 95^g), 32^{mg}.

Donc, dans la descendance, la teneur en acide ascorbique ne paraît pas liée à la couleur jaune ou rouge du fruit mûr, mais apparaît, dans une certaine mesure, liée à la taille du fruit exprimée ici par le poids pour la commodité, les fruits de petite taille étant dans nos essais les plus riches.

D'autre part l'état de maturité joue un rôle important dans l'accumulation de l'acide ascorbique, et j'en donne pour preuve les analyses faites avec les fruits d'une même plante de la même famille *Capsicum annuum L.*, Piment rouge doux, de forme allongée, cultivé en plein air à Angers à l'Arboretum G. Allard. On a la répartition suivante :

Fruits mûrs. — Coloration rouge vif (poids frais des fruits allant de 17^g à 25^g). Acide ascorbique : péricarpe, 300^{mg}; placenta, 82^{mg}; pédoncule, 84^{mg}; graines mûres, voisin de 0^{mg}. La teneur en substance sèche est de 13,5 % pour le péricarpe, de 11,4 % pour le placenta. Chez d'autres fruits mûrs du même pied, on trouve : 312^{mg}, 316^{mg} pour le péricarpe.

Fruits complètement formés moins mûrs et de diverses colorations : Fruit mi-vert, mi-rouge (péricarpe) : partie verte, 312^{mg}; partie rouge, 316^{mg}. Fruit commençant à rougir, 250^{mg}. Fruit complètement vert, 250^{mg}. Pédoncule : 33^{mg}.

Fruits en formation (poids d'un fruit : $2^g,8$). Péricarpe, 50^{mg}; placenta : 2^{mg}; pédoncule, 32^{mg}; graines, quantité inférieure à 2^{mg}.

Feuilles (limbe) : (substance sèche 27,2 %), 170 à 100^{mg}.

Tiges jeunes prélevées au-dessus des fruits formés, 10^{mg}. Dans les grosses tiges, il n'y a que de faibles quantités d'acide ascorbique (inférieures à 5^{mg}); sa présence est douteuse dans les racines.

Dans une autre plante cultivée au Muséum d'Histoire naturelle, j'ai trouvé : feuilles, 100^{mg}; fleurs, 26^{mg}. La fructification n'a pas abouti.

On trouve donc de l'acide ascorbique dans presque toutes les parties de la plante, et le fruit mûr, ou plutôt son péricarpe, constitue les tissus les plus riches en cette substance; viennent ensuite les feuilles, les pédoncules, les fleurs.

Des plantes de même semis, cultivées en serre, ont donné des fruits, qui, pour des états de maturité comparables, sont sensiblement moins riches que les fruits des plantes de plein air. On trouve ainsi des chiffres allant de 188 à 230^{mg} pour les fruits de serre, alors que ceux de plein air contiennent 300 à 340^{mg}. Une autre variété (Piment carré doux d'Amérique) donne des résultats de même sens; en serre, de 140 à 170^{mg}; en plein air, de 220 à 230^{mg}. Il n'y a donc aucun avantage à cultiver les Piments en serre sous le climat d'Angers, si l'on veut des fruits riches en vitamine C. Notons, en même temps, que la dernière variété étudiée est moins riche que la première.

Des dosages effectués sur d'autres variétés nous indiquent qu'il peut y avoir de très grandes différences à ce point de vue. La coloration rouge ou jaune du fruit mûr n'est pas un indice de richesse; certaines variétés jaunes sont plus riches que d'autres de couleur rouge. De plus, certaines variétés à saveur douce peuvent être aussi riches que d'autres à saveur piquante. Nous préciserons ces faits dans une étude ultérieure.

En résumé, tant pour la Tomate que pour le Piment, la teneur en acide ascorbique, qui augmente avec l'état de maturité du fruit, apparaît souvent plus forte chez les variétés à petits fruits; elle est indépendante de la couleur rouge ou jaune des fruits mûrs, indications utiles en vue de la sélection des meilleures variétés alimentaires.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la température sur l'élimination chlorée de l'Anguille.* Note de M. **Maurice Fontaine** et Mlle **Odette Callamand**, présentée par M. Paul Portier.

Nous avons signalé (1) la déminéralisation de l'Anguille argentée femelle au cours de son développement génital, cette déminéralisation étant une conséquence de l'impossibilité pour la branchie de l'Anguille d'absorber les chlorures à partir d'une solution diluée et constituant vraisemblablement un des facteurs biochimiques essentiels du déterminisme de l'avalaison. Nous étudions ici l'influence de la température sur l'élimination chlorée de l'Anguille.

Les Anguilles étaient immergées après plusieurs lavages à l'eau distillée dans des bacs contenant un volume donné d'eau distillée; ces bacs étaient entourés, tantôt de glace, tantôt de sable chauffé par une résistance électrique. L'eau distillée était périodiquement renouvelée et, chaque fois, un dosage de chlorures était effectué par la méthode de Charpentier-Volhard sur une importante fraction de l'eau dont le volume avait été au préalable considérablement réduit par évaporation au bain-marie. Dans certaines séries d'expériences, c'est la même anguille que nous avons fait vivre soit à basse température, soit à température élevée et dont nous avons suivi l'élimination des chlorures. Dans d'autres séries, ayant déterminé pendant plusieurs jours, à la température du laboratoire, l'excrétion de quelques anguilles, celles-ci ont été divisées en deux lots, l'un restant à la température du laboratoire, l'autre étant transporté à une température plus basse, et nous avons suivi les variations consécutives de l'élimination chlorée. Nous donnons un exemple de chacun de ces types d'expérience. Les chiffres d'excrétion chlorée donnés ci-dessous expriment le chlore éliminé en chlorure de sodium rapporté à 24 heures et à 100^{g} d'animal.

1° Une anguille jaune de 470^{g} est immergée dans une eau à 22° où elle excrète les deux premiers jours 0^{mg},42, les deux jours suivants 0^{mg},64 et dans les 48 heures qui suivent 2^{mg},3. L'anguille présente alors des signes de malaise. Transportée dans une eau à 10°, ses pertes en chlore passent progressivement au cours de la semaine qui suit

(1) Mlle O. Callamand et M. M. Fontaine, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 298, et 211, 1940, p. 357.

de $0^{mg},14$ à $0^{mg},06$. Transportée dans une eau à 25°, l'élimination s'élève d'abord à $0^{mg},6$, puis à $0^{mg},8$.

2° Quatre anguilles jaunes de 54 à 64^{g} excrètent respectivement en moyenne pendant 11 jours à 14° (température du laboratoire) :

A : $0^{mg},9$, B : $1^{mg},3$, C : 1^{mg}, D : $0^{mg},8$.

A et B sont laissées à la température du laboratoire qui s'élève dans les jours suivants (la température de l'eau passe à 16°) et les moyennes des excrétions chlorées suivies pendant 14 jours deviennent respectivement $1^{mg},3$ et $2^{mg},4$. C et D sont soumises à une température de 4°. Leurs éliminations de chlorures descendent alors à $0^{mg},4$ et $0^{mg},6$.

Une température basse réduit donc sensiblement les pertes en chlorures, alors qu'une élévation de température les augmente considérablement. Ce fait est intéressant à retenir pour la compréhension de la biologie de l'Anguille. C'est principalement après les chaleurs de l'été, aux premières crues d'automne, qu'apparaissent les anguilles femelles d'avalaison, anguilles qui ne se nourrissent plus ou très peu depuis déjà plusieurs semaines et que l'élimination saline importante due aux températures estivales a sévèrement déminéralisées. Et, pendant l'hiver, le plus souvent passives, elles se laissent entraîner au rythme plus ou moins rapide des rivières et des fleuves. Alors, bien qu'incapables de s'alimenter, elles peuvent résister longtemps dans cet état de torpeur, les eaux refroidies ne prélevant plus qu'une infime partie de leur stock salin résiduel et leur permettant ainsi d'atteindre les eaux marines qui les reminéraliseront.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets d'un mélange de dipropionate d'œstradiol et de propionate de testostérone sur la différenciation sexuelle de l'embryon mâle du Poulet.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le propionate de testostérone et le dipropionate d'œstradiol, en solution dans l'huile d'olive pure, sont mélangés quelques heures avant d'être injectés dans l'œuf du Poulet. L'injection a lieu en une seule fois, selon la technique de Willier, Gallagher et Koch (¹). *Résultats obtenus :*

I. *Modifications des gonades.* — L'examen de la figure et du tableau

(¹) *Physiological Zoology*, 10, 1937, p. 101.

586 587 588 567 505 504

Désignation de l'embryon (nº du prélèvement).	Sexe.	Age de l'embryon au moment de l'injection (jours).	Dose d'hormone injectée (millièmes de mg.) (*).	Age de l'embryon au moment du sacrifice (jours).	État des glandes génitales (*g*, gauche; *d*, droite).
598	♂	6	γ 200 T	19	*g*, testicule *d*, testicule
597	♀	6	500 T	16	*g*, ovaire à cortex réduit et désorganisé *d*, hypertrophiée
586	♂	6	50 O + 200 T	18	*g*, ovotestis à cortex peu développé *d*, testicule
587	♂	6	100 O + 400 T	18	*g*, ovotestis à cortex assez développé *d*, testicule
588	♂	6	50 O + 500 T	18	*g*, testicule légèr[t] modifié *d*, testicule
567	♂	6	20 O + 1000 T	18	*g*, testicule *d*, testicule
505	♂	5	250 O + 1250 T	19	*g*, ovotestis à cortex épais mais discontinu *d*, testicule
504	♂	5	500 O + 2500 T	19	*g*, ovotestis à cortex épais mais irrégulier et présentant quelques anomalies *d*, testicule légèrement aplati et réduit

(*) O, dipropionate d'œstradiol; T, propionate de testostérone.

montre qu'une féminisation de la gonade des embryons mâles s'est produite, malgré la présence de doses élevées d'hormone mâle. Un cortex ovarien s'est développé dans la gonade gauche de tous les mâles ayant reçu une dose suffisante de dipropionate d'œstradiol. Mais, dans ces ovotestis, l'examen histologique permet de déceler des caractères particuliers :

a. Grandes irrégularités de la poussée corticale, qui, tantôt profonde, tantôt superficielle, fait totalement défaut en certains points;

b. En plus de cette discontinuité marquée, chez les animaux 504 et 505, qui ont reçu des doses élevées de propionate de testostérone, le cortex présente des caractères de désorganisation en plusieurs points : certains lobes corticaux, superficiels ou profonds, sont envahis par des éléments conjonctifs, qui, formant des travées épaisses parallèles à la surface de la glande, séparent et isolent les gonocytes, désagrégeant le massif cortical, si bien que, dans certains d'entre eux, la majorité des cellules germinales a disparu.

Nous attribuons ces deux effets, et surtout le dernier, à l'action propre de l'hormone mâle injectée, car nous n'avons observé aucun de ces caractères chez les femelles témoins et, par contre, ils sont très marqués chez les femelles ayant reçu seulement du propionate de testostérone (animal 597). Sous le cortex, les cordons épithéliaux lacunaires, si caractéristiques chez les mâles recevant de l'hormone femelle seule, font ici à peu près défaut ; quand ils existent (animal 504, par exemple), la plupart d'entre eux sont en continuité avec les tubules testiculaires. Le massif testiculaire enveloppé par le cortex est, en général, bien développé.

La gonade droite est le plus souvent restée un testicule typique ; cependant, chez les animaux 504 et 505, elle est légèrement aplatie et, dans sa région antéro-externe, l'examen histologique montre des tubules testiculaires qui, atteignant la surface de la gonade, s'ouvrent dans la cavité cœlomique ; ce caractère a été décrit comme résultat de l'action de la folliculine sur la gonade [1].

2. *Action sur les voies génitales.* — Les corps de Wolff de tous les embryons sont hypertrophiés, et les canaux de Wolff légèrement plus développés que chez les témoins. Les canaux de Müller paraissent faire complètement défaut chez les quatre premiers animaux; ils sont, par contre, présents, en presque totalité, chez les deux embryons qui ont reçu respectivement 250 et 500$^{\gamma}$ de dipropionate d'œstradiol; la présence de 1 ou 2^{mg} de propionate de testostérone ne semble pas, dans ces deux cas, avoir affecté leur développement.

Nous n'avons trouvé dans la littérature que deux rapports peu précis concernant l'injection simultanée d'hormone mâle et d'hormone femelle à l'embryon de poulet; dans le premier, il s'agit d'un extrait hormonal mâle d'urine humaine, auquel avait été ajouté 6,3 U. I de théeline [1]; dans le second, il s'agit d'une mention de Mme Dantchakoff [2] relative à la présence de traces d'hormone femelle dans des injections de propionate de testostérone; mais, dans ces deux cas, les doses de l'une des deux hormones injectées sont très faibles et les descriptions des résultats obtenus trop vagues pour permettre une comparaison avec nos expériences.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 2 septembre 1940.)

Note de Mme *Cécile Sosa-Bourdouil* et M. *Antonio Sosa*, Sur la composition des oosphères et des anthérozoïdes de *Fucus vesiculosus* L. :

Page 162, ligne 14, *au lieu de* ♂, *lire* ♀ ; *au lieu de* ♀, *lire* ♂.

---

[2] *Bull. Biol. France et Belgique*, 72, 1938, p. 222.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 NOVEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

C'est avec émotion que nous avons appris la mort de notre Confrère, M. **LÉON LECORNU**. Il était né à Caen, le 13 janvier 1854. Il est mort le 13 de ce mois, à Saint-Aubin-sur-Mer, laissant après lui une œuvre scientifique de haute valeur et le souvenir d'une existence consacrée tout entière à la recherche et au travail.

Il était Membre de l'Académie des Sciences depuis l'année 1910. En 1930, il était élu Président de notre Assemblée.

La Mécanique, la Géométrie et l'Analyse, la Géologie se sont partagé ses travaux. Dans chacune il a laissé l'empreinte d'un esprit puissant, novateur, original.

Ancien élève à l'École Polytechnique, puis à l'École des Mines, il revint à Caen comme Ingénieur des Mines. La Faculté des Sciences de cette ville l'accueillit comme Maître de Conférences. Mais une destinée plus brillante l'appelait bientôt après à Paris comme Ingénieur en Chef des Mines. Il devint Professeur de Mécanique à l'École des Mines, puis, en la même qualité, à l'École Polytechnique, où il succédait à Sarrau (1904). A ces fonctions, il ajoutait d'autres enseignements tels que celui de Professeur à l'École Supérieure de l'Aéronautique.

Il a laissé partout le renom d'un professeur éminent.

Sa thèse de doctorat ès sciences fut consacrée à l'*Équilibre des Surfaces flexibles et inextensibles*, œuvre magistrale dans laquelle Lecornu démontre

comment les tensions normales et tangentielles sur la surface déformée sont liées aux variations de la courbure normale et de la torsion géodésique des courbes tracées sur la surface. Il établissait ainsi le lien essentiel entre la théorie mécanique de l'équilibre et la théorie géométrique de la déformation. Cherchant toujours les applications pratiques de la théorie générale, Lecornu étudia l'équilibre d'une enveloppe fermée de forme ellipsoïdale, soumise à une pression interne uniforme, et montra par le calcul qu'un allongement trop considérable du grand axe d'un aérostat amènerait sa rupture.

En apparence lié au précédent, un autre problème est celui d'une meule cylindrique en rotation. Ce problème était, à cette époque, inabordable par l'Analyse. Lecornu l'étudia et formula une solution qui répondait à tous les besoins de la pratique, en remplaçant le cylindre tournant par un ellipsoïde de révolution. On évite ainsi les difficultés dues à la présence des bases coupantes du cylindre.

Lecornu a établi la théorie de l'équilibre d'élasticité d'un tore soumis intérieurement à une pression constante donnée. Il a résolu élégamment ce problème d'une réelle importance industrielle.

Dans le même domaine de la Mécanique générale, il convient de signaler ses études sur les forces analytiques, sur les mouvements plans, sur le pendule de longueur variable. A ce sujet, Lecornu a résolu une difficulté résultant de l'intervention parfois insoupçonnée de forces intérieures infinies. Notre Confrère discute et explique, dans une Note d'une grande profondeur, divers exemples simples qui font apparaître des difficultés de ce genre et qui amènent divers paradoxes, notamment celui bien connu de l'escarpolette.

En Mécanique appliquée, Lecornu a montré que nombre d'appareils industriels, construits sans doute suivant des principes exacts et applicables à des modèles réduits à une simple expression théorique, devenaient, dans la pratique, inefficaces. C'est ainsi que l'on admettait communément que, dans un indicateur de Watt, les déplacements de la tige sont proportionnels à la pression qu'il s'agit de mesurer. Or l'inertie s'ajoutant aux résistances passives détermine, en réalité, un écart important entre la position statique et la position observée. Lecornu montre, dès lors, que cet écart, négligeable pour les petites machines à faible vitesse, devient sensible et même très grand pour les locomotives ou les machines modernes à vitesses considérables. Il indique ensuite le moyen d'éliminer pratiquement les influences perturbatrices. Il fait mieux encore : il construit un appareil qui

fournit immédiatement, pour l'évaluation du travail total, la correction que doit subir l'aire du diagramme classique.

En ce qui concerne les régulateurs, auxquels il a consacré une belle étude, il a calculé et fait connaître les meilleures proportions à établir entre les caractéristiques du régulateur et du volant. Dans son *Traité de Mécanique*, qui est un modèle d'exposition, Lecornu fait connaître les lois générales ainsi que les lois spéciales à chaque type d'appareils.

C'est à Lecornu qu'on doit la théorie des volants élastiques dont le moment d'inertie est automatiquement variable par l'effet de masses rappelées par des ressorts, et qui peuvent s'écarter plus ou moins du centre, sous l'action de la force centrifuge ou de l'inertie tangentielle. Il en déduit des conclusions que l'industrie n'a pas manqué d'utiliser.

Il a également introduit de nombreux progrès dans le domaine de la Mécanique des engrenages. Il a démontré que l'engrenage épicycloïdal a un rendement supérieur à celui de l'engrenage à développante. Sur le tracé pratique des engrenages à fuseaux, des engrenages à dents circulaires, ses études sont des modèles d'ingéniosité et de précision. Elles comportent des applications pratiques très importantes dans la construction des horloges modernes.

Je mentionnerai encore, parmi les problèmes pratiques qu'il a rénovés ou perfectionnés, la dérive des projectiles, l'équilibre des palans, la transmission du travail dans les machines, la théorie des tuyères; ses études sur la vis sans fin, le joint à la Cardan, les roulements à billes, l'équilibre relatif des solides tournants.

Dans le domaine de la Géométrie infinitésimale, il y a lieu de signaler ses travaux sur les surfaces admettant les plans de symétrie d'un polyèdre régulier, sur les surfaces à pente uniforme et les réseaux proportionnels (qui se rattachent à des mouvements d'un liquide parallèlement à un plan fixe).

Les travaux géologiques de Lecornu méritent aussi de retenir l'attention. Comme Ingénieur en Chef des Mines, il a eu à traiter de nombreux sujets de grande importance. Je citerai, en particulier, ses études sur la question demeurée longtemps obscure de la stratigraphie du terrain silurien en Normandie. Il a démontré qu'on avait affaire à un plissement isoclinal et il a été conduit ainsi à admettre l'existence de minerai de fer dans la région de Maltot, où il n'en avait jamais été signalé. Ce fut pour notre Confrère une légitime satisfaction que la découverte effective de ce minerai à l'endroit qu'il avait exactement prévu.

Cet ensemble imposant de travaux dont je n'ai signalé qu'une partie démontre, chez Lecornu, une activité exceptionnelle, égale à la puissance de son raisonnement, à son originalité et à sa pénétration extraordinaires. Jusqu'à la fin de sa vie, il avait conservé une ardeur au travail toute junévile. Nos *Comptes rendus* ont reproduit de lui, presque récemment encore, des Notes nourries de remarques substantielles.

C'est seulement depuis quelques mois que sa santé, jusqu'alors satisfaisante, commença à fléchir. Les événements présents eurent, peut-être, une influence sur elle. Il cessa d'assister à nos séances et dut s'isoler en province. Notre pensée affectueuse l'y a suivi bien souvent.

Léon Lecornu a disparu, laissant le souvenir d'une existence exemplaire toute de droiture et de labeur. Une telle vie, si magnifiquement remplie, honore à la fois notre pays et notre Académie.

Nous nous inclinons respectueusement devant sa mémoire et nous partageons la douleur des êtres chers auxquels la mort l'a arraché.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

GÉOLOGIE. — *Enseignements tirés de la comparaison des concrétions phosphatées des mers actuelles et des nodules des formations sédimentaires anciennes.* Note de M. **Lucien Cayeux**.

La distribution des concrétions phosphatées dans les mers actuelles est des plus vastes; mais c'est non loin des côtes, et dans les boues et sables verts, c'est-à-dire dans les sédiments *terrigènes* qu'elles gisent de préférence. Des concrétions phosphatées ont été draguées par le *Challenger* (1) sur l'Agulhas Bank (2), les côtes du Japon, d'Australie, du Chili, entre les îles Falkland et l'embouchure de la Plata, puis sur les côtes d'Espagne (3) et dans l'Océan Indien. De son côté le *Blake* en a découvert, notamment dans le golfe du Mexique, dans le détroit de Floride et au large des côtes

(1) J. Murray and A. F. Renard, *Deep Sea Deposits* (*Rep. of the scient. Results of the exploring Voyage of H. M. S. Challenger*, 1873-76, 1891, p. 391-400).

(2) De récentes recherches ont abouti à la conclusion que les concrétions phosphatées, draguées sur l'Agulhas Bank par le *Challenger*, la *Gazelle* et la *Valdivia* ne datent pas de l'époque actuelle (L. Cayeux, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 926; *Ann. of the South African Museum*, **31**, 1934, p. 105-136, Pl. XXXII-XXXV).

(3) L. W. Collet, *Les dépôts marins*, 1908, p. 195.

des États-Unis, entre le cap Hatteras et 31°48 de lat. N (4). Enfin des concrétions phosphatées ont été signalées au nord de l'Océan Pacifique par A. Agassiz. En conséquence, leur existence est démontrée dans les trois grands Océans.

Dans les quelques pages qu'ils ont consacrées à l'analyse des nodules recueillis par le *Challenger*, J. Murray et A. F. Renard ont caractérisé, au microscope, des concrétions réalisant deux types, profondément dissemblables. Au premier se rapportent des nodules subordonnés aux boues et sables verts, et, comme eux, essentiellement formés de grains de glauconie, de quartz, et accessoirement de feldspaths, que cimente du phosphate de chaux amorphe (5). Cette constitution est la seule qui puisse être rapprochée de celle des nodules albiens du Bassin de Paris.

Le second type, qui concentre, à peu près à lui seul, tout l'intérêt que présentent à notre point de vue les concrétions phosphatées des sédiments actuels, a pour représentants des rognons phosphatés, subordonnés aux vases à Globigérines d'eau profonde. Des nodules dragués au sud de l'Océan Indien, par 1900 brasses (3475^{m}), tirent leur caractéristique fondamentale de l'abondance de restes organiques, surtout de Rhizopodes calcaires, et de la prépondérance de la matière phosphatée.

J. Murray et A. F. Renard ont figuré des nodules du sud de l'Océan Indien, répondant à trois stades de minéralisation : Le premier (1) procède d'une vase à *Globigerinidæ* et *Pulvinidæ*, en grande partie minéralisée, dont le phosphate pénètre dans tous les espaces vides des Foraminifères, et pseudomorphose incomplètement des coquilles. Le deuxième (6), caractérisé par une minéralisation plus avancée, montre presque tout le carbonate de chaux des organismes remplacé par du phosphate de chaux. Et le dernier (7) trahit une phosphatisation généralisée de la roche, entraînant l'effacement de la totalité des structures organisées, au point que tout le champ du microscope se signale par une structure concrétionnée.

Il résulte de ces observations que *la phosphatisation des nodules, dragués en eau profonde dans l'Océan Indien, aboutit à la destruction de toutes les structures organisées, lorsqu'elle est poussée à fond.*

(4) A. Agassiz, *Three Cruises of the Blake*, **1**, 1888, p. 275-276 et 281-282.

(5) J. Murray and A. F. Renard, *op. cit.*, p. 393 et Pl. XX, fig. 1.

(6) J. Murray et A. F. Renard, *op. cit.*, Pl. XX, fig. 2, fig. 3, fig. 4.

(7) L. Cayeux, *Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires* (*Mém. Soc. géol. Nord*, **4**, II, 1897, p. 480-483).

Veut-on trouver dans la série sédimentaire ancienne des nodules à mettre en parallèle avec ceux de la vase à Globigérines, il faut les chercher dans les vases à Foraminifères, consolidées à l'état de craies, et tout particulièrement dans les craies phosphatées. La comparaison des uns et des autres fait ressortir des différences de constitution très profondes.

Si l'on envisage le cas très général, la règle est que les restes organiques des craies phosphatées et des nodules qui leur sont associés soient parfaitement conservés. Encore convient-il d'ajouter que cet état de conservation n'est pas spécial aux anciennes vases à Foraminifères phosphatisées. Les nodules phosphatés du Culm des Pyrénées, englobant des Radiolaires de constitution très fragile, et ceux des phosphates nord-africains, pétris de restes de microplankton, notamment de Diatomées, accusent un état de conservation des microorganismes qu'on peut qualifier d'admirable. Les exceptions à cette règle se comptent et ne sont pas à retenir ici. De ce nombre sont, par exemple, certains nodules dinantiens des Pyrénées dont les Radiolaires sont devenus méconnaissables sous l'influence de la silice, et surtout d'une substance charbonneuse, faisant figure de matière colloïde, c'est-à-dire grâce à des interventions auxquelles le phosphate reste étranger.

Dès 1897, j'ai conclu de l'étude sommaire des craies phosphatées du Bassin de Paris que l'épigénie même partielle d'une ancienne vase à Foraminifères, par le phosphate de chaux, a pour conséquence la conservation de nombreuses coquilles, détruites en dehors des plages minéralisées ([7]). Les progrès de nos connaissances aidant, on peut, aujourd'hui, attribuer une portée générale à cette observation, et dire que d'un bout à l'autre de la série sédimentaire ancienne, le phosphate de chaux joue, par rapport aux microorganismes, tant calcaires que siliceux, un rôle éminemment conservateur.

A cette loi le phosphate de chaux des concrétions de l'Océan Indien fait exception. En sorte que *le phosphate, qui conserve dans la perfection les microorganismes des mers anciennes, est susceptible de les détruire complètement dans les mers actuelles*. Il en résulte que, *dans le domaine envisagé, ce sont les dépôts de l'époque actuelle qui enregistrent les transformations les plus profondes*. C'est un nouveau motif de croire que bien des erreurs ont été commises, au temps où il était de mode d'attribuer à des actions très tardives toutes les modifications de composition et de structure subies par les anciens sédiments. Tel fut le cas pour la concentration de la silice organique, sous la forme de silex, sur le fond de la mer, et non pendant et

après l'émersion de la craie, comme on l'a enseigné durant plus d'un demi-siècle. Tout bien considéré, l'analyse des concrétions phosphatées des vases à Globigérines de l'Océan Indien apporte un nouveau et précieux argument en faveur de l'idée, si souvent exprimée dans mes travaux antérieurs, que *le milieu sous-marin joue un rôle capital dans les transformations subies par les sédiments après leur dépôt.*

Les nodules phosphatés des sédiments anciens diffèrent encore, du moins pour une fraction très prépondérante, sur un point de leur histoire, des concrétions rapportées à l'époque actuelle. J. Murray et A. F. Renard ont conclu de l'analyse des concrétions draguées par le *Challenger* que les particules minérales et les restes organiques qu'elles renferment sont identiques à ceux des sédiments dans lesquels elles gisent. Et les deux auteurs d'affirmer, en conséquence, que ces concrétions ont été engendrées *in situ* (8).

Les observations relevées au cours de l'étude des nodules phosphatés des mers anciennes nous les représentent comme toujours remaniés, à peu d'exceptions près en moyenne, soit dans le dépôt même dont ils dérivent, soit dans un sédiment bien différent de celui qui les renferme. A cet égard, l'analyse des phosphates albiens, cénomaniens et sénoniens du Bassin de Paris fournit matière à des constatations qu'il est difficile d'imaginer plus décisives (9).

De l'étude comparée des concrétions phosphatées de l'époque actuelle et des nodules phosphatés des périodes passées, il ressort, une fois de plus, et avec évidence, que *les phénomènes actuels sont loin d'être l'image fidèle des phénomènes anciens.*

CORRESPONDANCE.

RELATIVITÉ. — *Le tenseur antisymétrique densité de moment pondéromoteur propre.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons justifié (1) l'existence du quadrivecteur *densité de moment cinétique propre* σ_i; u, v, w désignant toujours une permutation circulaire

(8) J. Murray et A. F. Renard, *op. cit.*, p. 397; L. W. Collet, *op. cit.*, p. 200.

(9) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1076; *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1021; *Et. Gîtes min. France*, 1939, p. 150-152, 183-186 et 213.

(1) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 228.

des indices d'espace 1, 2, 3 et S_{ij} le tenseur antisymétrique d'Univers dont les trois S_{uv} représentent le *moment cinétique propre*, nous avons établi les relations

$$S_{uv}=\int\sum_{i=1}^{i=4}\sigma_i\,[dx_u\,dx_v\,dx_i]=\int\sigma_w[dx_u\,dx_v\,dx_w]+\sigma_4[dx_u\,dx_v\,dx_4].$$

Transformant, à la manière habituelle, ces intégrales triples en intégrales quadruples, et tenant compte de l'antisymétrie de l'élément quadrinéaire, il vient

$$S_{uv}=\int\left(\frac{\partial\sigma_w}{\partial x_4}-\frac{\partial\sigma_4}{\partial x_w}\right)[dx_1\,dx_2\,dx_3\,dx_4].$$

Considérons le tenseur antisymétrique du second ordre μ_{ij}, dont σ_i est le *potentiel vecteur d'Univers*,

(1) $$\mu_{ij}=\frac{1}{ic}\left(\frac{\partial\sigma_i}{\partial x_j}-\frac{\partial\sigma_j}{\partial x_i}\right);$$

je dis que ses trois composantes μ_{w4} ne sont autres que celles de la *densité de moment pondéromoteur propre* appliquée au *milieu* considéré.

En effet, si cela est, les trois quantités $\mu_{w4}[dx_1\,dx_2\,dx_3]$ ne sont autres que les composantes M_{uv} du *moment pondéromoteur propre*; or, ce qui précède établit bien entre M_{uv} et S_{uv} la relation traditionnelle

$$dS_{uv}=M_{uv}\,dt.$$

Remarquons que les trois M_{uv} ne sont les composantes d'aucun vecteur ou tenseur d'Univers, ce privilège étant réservé aux $M_{uv}\,dt$ (et aux trois grandeurs analogues que nous n'avons pas écrites); cela était d'ailleurs évident d'après le comportement relativiste de la force.

Notre relation (1), entre les densités σ_i et μ_{ij}, est tout à fait analogue à la relation bien connue entre la *densité d'inertie* ρ_{ij} et la *densité de force pondéromotrice* f_i : le tenseur symétrique ρ_{ij} est un *potentiel* pour le quadrivecteur f_i,

(2) $$f_i=\sum_{j=1}^{j=4}\frac{\partial\rho_{ij}}{\partial x_j}.$$

Montrons que, en vertu des conceptions de la Mécanique traditionnelle transposées en Relativité, la densité μ_{ij} doit être partout nulle. Le tenseur inertique étant symétrique, l'Élasticité nous apprend que la *densité de moment de force d'inertie* est nulle; le *principe de d'Alembert* appliqué aux

moments nous apprend alors que la *densité de moment pondéromoteur* est également nulle, comme il était annoncé.

Il suit de là que le quadrivecteur *densité de moment cinétique propre* doit être irrotationnel :

$$\frac{\partial \sigma_i}{\partial x_j} - \frac{\partial \sigma_j}{\partial x_i} = 0,$$

pour autant du moins que les principes invoqués subsistent à l'échelle microscopique.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de carbures à poids moléculaire élevé.* Note de M^{lle} **Simone Lorillard** et M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au cours d'études antérieures l'un de nous a montré l'intérêt des spectres d'absorption infrarouges, principalement entre 500 et 1350 cm^{-1}, pour l'étude des huiles. On peut ainsi mettre en évidence la présence de certains constituants, à condition de connaître les spectres d'absorption d'un grand nombre de carbures purs. Nous comparerons, dans ce qui suit, les spectres nouveaux de carbures à poids moléculaire élevé avec ceux d'autres carbures que nous avions étudiés précédemment, en insistant sur la symétrie des molécules.

Groupe de l'indène. — Si les molécules sont dans un plan, c'est le seul élément de symétrie possible. En effet, en examinant successivement l'indène (I), l'hydrindène (II), les maxima d'absorption éprouvent seulement de légers déplacements. Cette conclusion s'applique aussi au méthyl-indène (III) et à l'α-éthylidène $\beta\beta$-diméthyl-indène (IV), c'est-à-dire à des composés infiniment plus complexes, mais n'admettant pas de nouveaux éléments de symétrie.

H — H H — CH^3 — H $(CH^3)^2$ $C—(CH^3)^2$

(I). (II). (III). (IV).

Groupe du naphtalène. — En accord avec d'autres auteurs, par suite de

la non-concordance des spectres infrarouge et Raman du naphtalène, nous avons admis que celui-ci possédait un centre de symétrie (D_{2h}). Si l'on passe au dihydronaphtalène (V), le seul élément de symétrie peut être le plan de la molécule. Effectivement l'accord entre nos mesures

(V). (VI). (VII).

et celles du spectre de diffusion apparaît comme assez satisfaisant. En examinant successivement les méthyl-1 dihydro-3-4 naphtalène (VI) et l'éthylidène-1 diméthyl-2-2 dihydro-3-4 naphtalène (VII), l'aspect général du spectre du dihydronaphtalène se trouve peu modifié dans son ensemble, car il y a encore, au plus, un plan de symétrie.

On observera, en passant, que les dérivés précédents du naphtalène sont directement comparables à ceux de l'indène, avec un atome de carbone de plus seulement dans l'un des cycles. C'est peut-être la raison de l'analogie entre les spectres de ces carbures, principalement entre 700 et 750 cm^{-1}.

Groupe de l'anthracène. — Lorsque l'on passe de l'anthracène (VIII) au dihydro-9-10 anthracène (IX), la symétrie de la molécule ne se trouve pas modifiée. Pratiquement, les positions des maxima varient peu. Seulement deux d'entre eux apparaissent dédoublés (732 et 753 au lieu de 723 cm^{-1}, 861 et 890 au lieu de 874 cm^{-1}). Bien entendu, quand on s'adresse à

(VIII). (IX). (X).

l'octohydroanthracène (X), qui possède aussi la symétrie D_{2h}, le spectre n'est plus du tout pareil. Dans ce cas, la plus grande partie de la molécule devenant saturée, les longueurs d'onde des bandes se trouvent entièrement modifiées. Ainsi la bande très forte de l'anthracène à 723 cm^{-1} a entièrement disparu.

Groupe du phénanthrène. — Au phénanthrène, précédemment étudié

par l'un de nous, nous avons joint le tétrahydrophénanthrène (XI), l'octohydrophénanthrène (XII) et le 9.10-benzophénanthrène (XIII).

(XI). (XII). (XIII).

Ces carbures possèdent, entre autres, une très forte absorption vers 738 cm^{-1}, et des bandes plus faibles vers 620 et entre 1020 et 1035 cm^{-1}. La symétrie de la molécule du phénanthrène est faible (C_{2v}), celle des composés (XI) et (XII) ne dépasse pas C_{1s}, si toutefois la molécule est plane, et celle du carbure (XIII) C_{2v}. On s'explique, par suite, que les changements de structure entre ces quatre carbures n'amènent pas une modification complète du spectre infrarouge, dans la région considérée.

(Nous avons écrit les formules chimiques sous leur forme habituelle, mais, ainsi que nous l'avons déjà signalé pour un certain nombre de composés à noyaux, on ne saurait affirmer que l'indication de doubles liaisons, entre des atomes de carbone déterminés, corresponde bien à la réalité.)

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des acides minéraux sur les molybdates alcalins.* Note [1] de M^me^ **Hugues Frey** (**Zina Soubarew**), présentée par M. Paul Lebeau.

L'étude de l'action des acides minéraux sur les molybdates alcalins a donné lieu à un grand nombre d'expériences, mais les résultats publiés sont souvent discordants [2].

J'ai étudié, par la méthode conductimétrique, l'action des acides chlorhydrique et nitrique sur les solutions de molybdates de sodium, tels que le molybdate normal, MoO^4Na^2, le dimolybdate neutre, $Mo^2O^7Na^2$, le

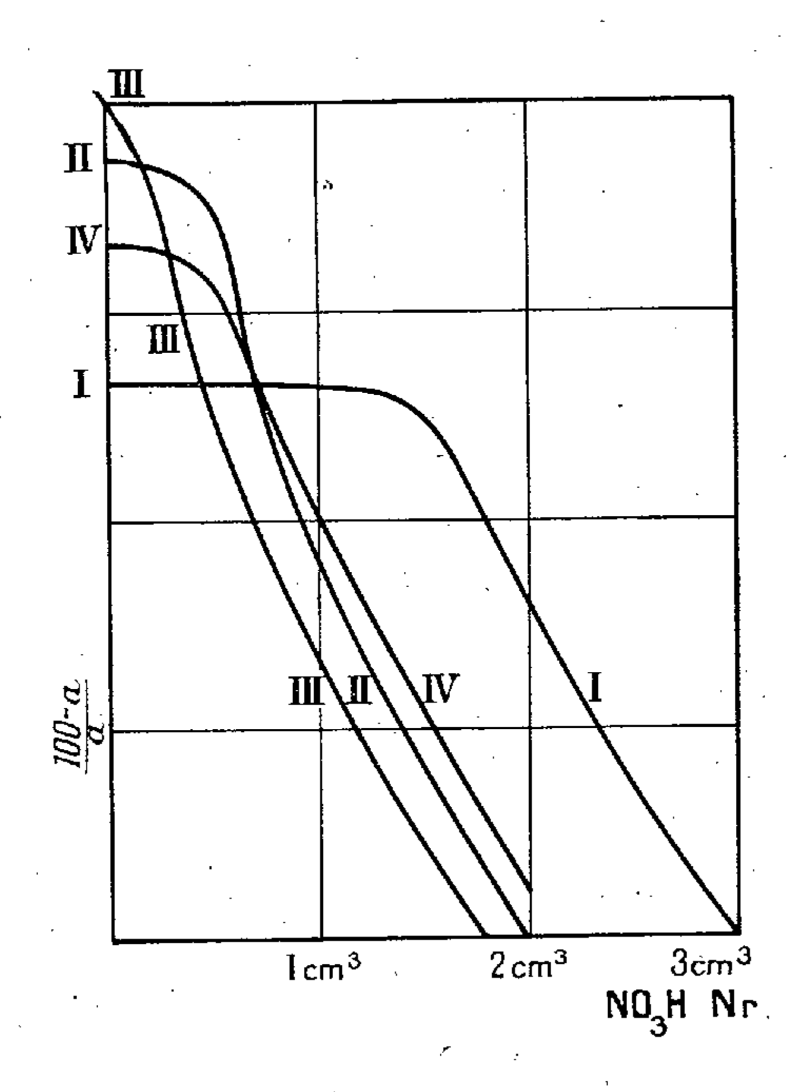
---

(1) Séance du 18 novembre 1940.

(2) A. Dumansky et A. Buntin, *Koll. Zeits.*, 38, 1936, p. 210; A. Britton et W. German, *J. Chem. Soc.*, 9, 1930, p. 2154; G. Jander, K. Jahr et W. Heukeschoven, *Z. anorg. Chem.*, 194, 1930, p. 384; J. Bye, *Bull. Soc. Chim.*, 6^e^ série, 5, 1939, p. 174.

dimolybdate acide, Mo^2O^7NaH, et le paramolybdate, $7MoO^3 3Na^2O$. Les courbes de titrage obtenues dans les mêmes conditions, soit avec l'acide chlorhydrique, soit avec l'acide nitrique, sont tout à fait identiques.

Si l'on examine la courbe I relative au molybdate normal ($0^{mol},01$ MoO^3



par litre) et à l'acide nitrique ($0^{mol},1$ par litre), on remarque un palier correspondant à l'ensemble des réactions

(1) $2(MoO^4)Na^2 + 2NO^3H \rightleftharpoons (Mo^2O^7)Na^2 + 2NO^3Na + H^2O$,

(2) $(Mo^2O^7)Na^2 + NO^3H \rightleftharpoons (Mo^2O^7)NaH + NO^3Na$.

Ces deux transformations exigent trois molécules d'acide nitrique pour deux molécules de molybdate normal. Une nouvelle addition d'acide nitrique déplace l'acide molybdique d'après la réaction

(3) $(Mo^2O^7)NaH + NO^3H = (Mo^2O^7)H^2 + NO^3Na$.

La présence d'acide molybdique libre en solution aqueuse diminue la résistance électrique.

La courbe II, qui se rapporte au dimolybdate $Mo^2O^7Na^2$, présente un palier correspondant à celui de la courbe I, mais de longueur moindre; ces

deux courbes sont ensuite superposables. Le dimolybdate de sodium anhydre donne une courbe identique à celle du dimolybdate hydraté.

Sur la courbe III (dimolybdate acide Mo^2O^7NaH), on ne remarque aucun palier; elle commence au point de pH 3,8 et correspond à la réaction (3).

La courbe IV du paramolybdate est analogue à celle du dimolybdate neutre.

J'ai pu isoler le dimolybdate neutre $(Mo^2O^7)Na^2, 5H^2O$ et le dimolybdate acide de sodium $(Mo^2O^7)NaH, 3H^2O$, qui se forment dans les réactions (1) et (2) et dont j'ai donné antérieurement [3] la description. En même temps, j'ai constaté que l'acidification des solutions de molybdate normal MoO^4Na^2 provoque la transformation du radical $(MoO^4)^{--}$ en radical $(Mo^2O^7)^{--}$ dans le milieu de $pH < 7,2$.

En outre, l'examen systématique au microscope polarisant des sels en équilibre avec les solutions de molybdate a montré que :

1° la solution de $pH > 7,2$ renferme uniquement du molybdate de sodium $MoO^4Na^2, 2H^2O$ qui cristallise en paillettes dans le système cubique;

2° les solutions de $pH = 5,65$ sont constituées par le dimolybdate de sodium $(Mo^2O^7)Na^2, 5H^2O$ cristallisant dans le système monoclinique;

3° à $pH = 3,8$, la solution contient du dimolybdate $(Mo^2O^7)NaH$.

Les solutions de pH compris entre 8 et 5,65 se présentent comme des mélanges de $MoO^4Na^2 2H^2O$ et $Mo^2O^7Na^2$, tandis que dans un milieu de pH compris entre 5,65 et 3,8, on observe la réaction d'équilibre

$$(Mo^2O^7)Na^2 + H^2O \rightleftharpoons (Mo^2O^7)NaH + NaOH,$$

alors que, pour une acidité plus forte encore, c'est la réaction ci-dessous qui se manifeste :

$$(Mo^2O^7)NaH + NO^3H \rightleftharpoons (Mo^2O^7)H^2 + NO^3Na.$$

Il en résulte que les polymolybdates de Jander, Jahr et Heukeschoven ne sont probablement que des mélanges de molybdate normal, de dimolybdate acide, de dimolybdate neutre et d'acide molybdique, ainsi que le montre le tableau suivant :

$Mo^3O^{11}Na^4$	(entre pH 10 et 6)	→	$Mo^2O^7Na^2 + MoO^4Na^2$,
$Mo^6O^{21}HNa^5$	(» 6 et 4,5)	→	$2Mo^2O^7Na^2 + Mo^2O^7NaH$,
$Mo^6O^{21}H^3Na^3$	(» 4,5 et 2,9)	→	$Mo^2O^7NaH + Mo^2O^7H^2 + Mo^2O^7Na^2$.

(3) Z. Soubarew-Chatelain, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1153.

HYDROLOGIE. — *La phase de la composante annuelle des niveaux des cours d'eau de l'U. R. S. S.* Note [1] de Mlle **Aimée Péreau**.

La composante annuelle des cours d'eau de l'U. R. S. S. a été calculée à partir des données mensuelles publiées par le Ministère des Voies et Communications pour les années 1906 à 1910 inclus. La méthode de calcul utilisée est celle des combinaisons linéaires d'ordonnées dues à M. Labrouste. La combinaison employée est : $S_1 S_2 Z_2 Z_3 (s_1) 12/2 (s_2) 12/2$.

Le nombre des stations calculées s'est élevé à 86 pour le bassin de la mer Baltique, 11 pour la mer Blanche, 82 pour la mer Caspienne, 75 pour la mer Noire. Soit 254 stations formant un réseau assez dense pour permettre des comparaisons de bassin à bassin. La répartition de la phase de la composante annuelle est exprimée ici en jours à partir du moment où la sinusoïde traverse l'axe en montant.

La carte accompagnant cette Note représente, pour le mois de juillet, les courbes d'égale phase interprétées avec une équidistance de 25 jours. On y reconnaît une zone d'avance de phase s'étendant de Riga à Samara et de Varsovie à Stalingrad. Cependant, dans cette région même, il existe deux centres de phase plus avancée, situés l'un sur la plaine du Niémen et de la Vistule, l'autre sur la plaine de la Tsna. Un centre secondaire d'avance de phase, extérieur à la région décrite, se trouve dans les plaines de la Kama et de la Viatka.

Il semble que la localisation de l'avance de phase des niveaux des cours d'eau dans les plaines (tandis que les parties les plus élevées du territoire les retardent) est un fait caractéristique des territoires européens de l'U. R. S. S.

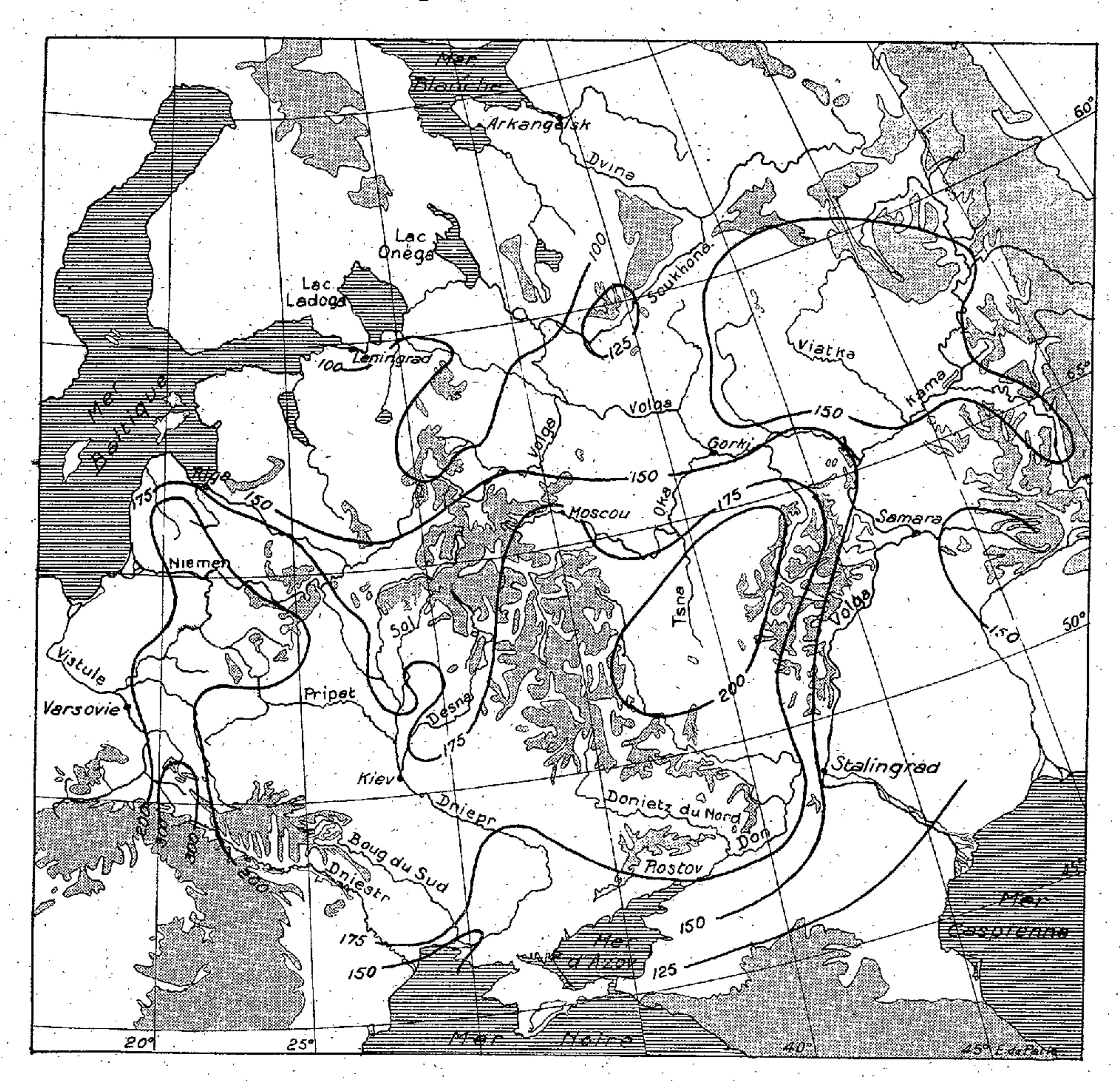
Si l'on considère que la crue dans ce pays est produite surtout par la fonte des neiges, on voit très bien la raison d'une telle distribution. Le relief la détermine ici en raison des températures plus élevées dans les plaines.

Il faut indiquer aussi que l'action de l'écoulement lui-même se fait sentir dans le détail du tracé des lignes d'égale phase. Ainsi les marais de la Pripet, aux eaux presque stagnantes, produisent un retard relatif de la phase. D'autre part la Volga, en aval de Stalingrad, en montre une décroissance tout en traversant une très grande plaine. On le comprend,

---

[1] Séance du 18 novembre 1940.

car sur ce trajet le fleuve ne reçoit plus de nouveaux apports et ne fait qu'évacuer une crue venue d'amont. La décroissance de la phase représente ici simplement le temps nécessaire à l'écoulement.



Il faut noter enfin que, le long des rives de la mer Baltique, la phase subit une forte diminution qui n'est pas représentée sur la carte en raison de la faible étendue du territoire soumis à cette influence.

En résumé, l'étude a permis de dégager que le régime de la composante annuelle des niveaux des cours d'eau est réglé par la topographie du pays, et nous retrouvons ici aussi les conclusions tirées d'études similaires par MM. V. Frolow (²) et S. Mazloum (³).

(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1441 et **200**, 1935, p. 2206.
(³) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 458.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *L'origine phylogénétique des* Lyramula *et l'évolution des Silicoflagellidées.* Note [1] de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les couches crétacées de Californie, mentionnées dans ma précédente Note [2], contiennent, en nombre immense, deux Silicoflagellidées, nommées par G. D. Hanna [3] *Lyramula furcula* et *Lyramula simplex*. Gemeinhardt, en 1930 [4], a rejeté le genre *Lyramula* Hanna hors des Silicoflagellidées, et Frenguelli, en 1940 [5], tout en éloignant avec raison les *Lyramula* des *Carduifolia* de Hovasse, admet leur parenté avec des spicules de Spongiaires. En réalité, il s'agit de Silicoflagellidées parfaitement caractérisées, et dont je vais préciser la position.

En compagnie des *Lyramula*, moins nombreux mais nullement rares, se rencontrent des squelettes tubulaires très diversement conformés, constitués par un assemblage de cornes inégales, orientées dans des plans variés. Les plus complexes de ces squelettes, observés jusqu'à présent, comptent trois grandes et trois petites cornes (*fig.* 1, 12), à peu près opposées les unes aux autres. Ces squelettes représentent *des homologues parfaits de l'appareil apical de certains Dictyocha*, desquels ils ne diffèrent donc que par l'absence totale de l'anneau basal, et, secondairement, par des dimensions supérieures. Tous les intermédiaires désirables se rencontrent, qui forment une série apparemment continue entre les squelettes à six cornes et ceux à trois, répondant à la description de *Lyramula furcula*. Quelques-uns seulement, choisis parmi bien d'autres, illustrent ici ce fait (*fig.* 1 à 4). La seconde espèce de Hanna, *Lyramula simplex* (*fig.* 6), ne diffère de *L. furcula* que par l'absence de la courte corne sensiblement axiale. Il arrive cependant qu'un squelette appartenant indéniablement à *L. simplex* porte une courte épine (*fig.* 5) : variation atavique, ou terme de passage, cela démontre l'origine de *L. simplex*. D'autre part, des variations similaires s'observent

(1) Séance du 18 novembre 1940.
(2) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 445.
(3) *Journ. of Paleontol.*, **1**, n° 4, 1928, p. 262.
(4) *Rabenhorst's Kryptogamenflora*, X, 2te Abt., Leipzig, 1930, p. 22.
(5) *Rev. Mus. La Plata*, N. S., **2**, secc. Paleontol., 1940, p. 48.

parallèlement sur une série de squelettes (*fig.* 7 à 10), de taille très inférieure aux *Lyramula furcula*, dont ils sont séparables statistiquement. Le phénomène ne paraît donc pas propre à une seule lignée.

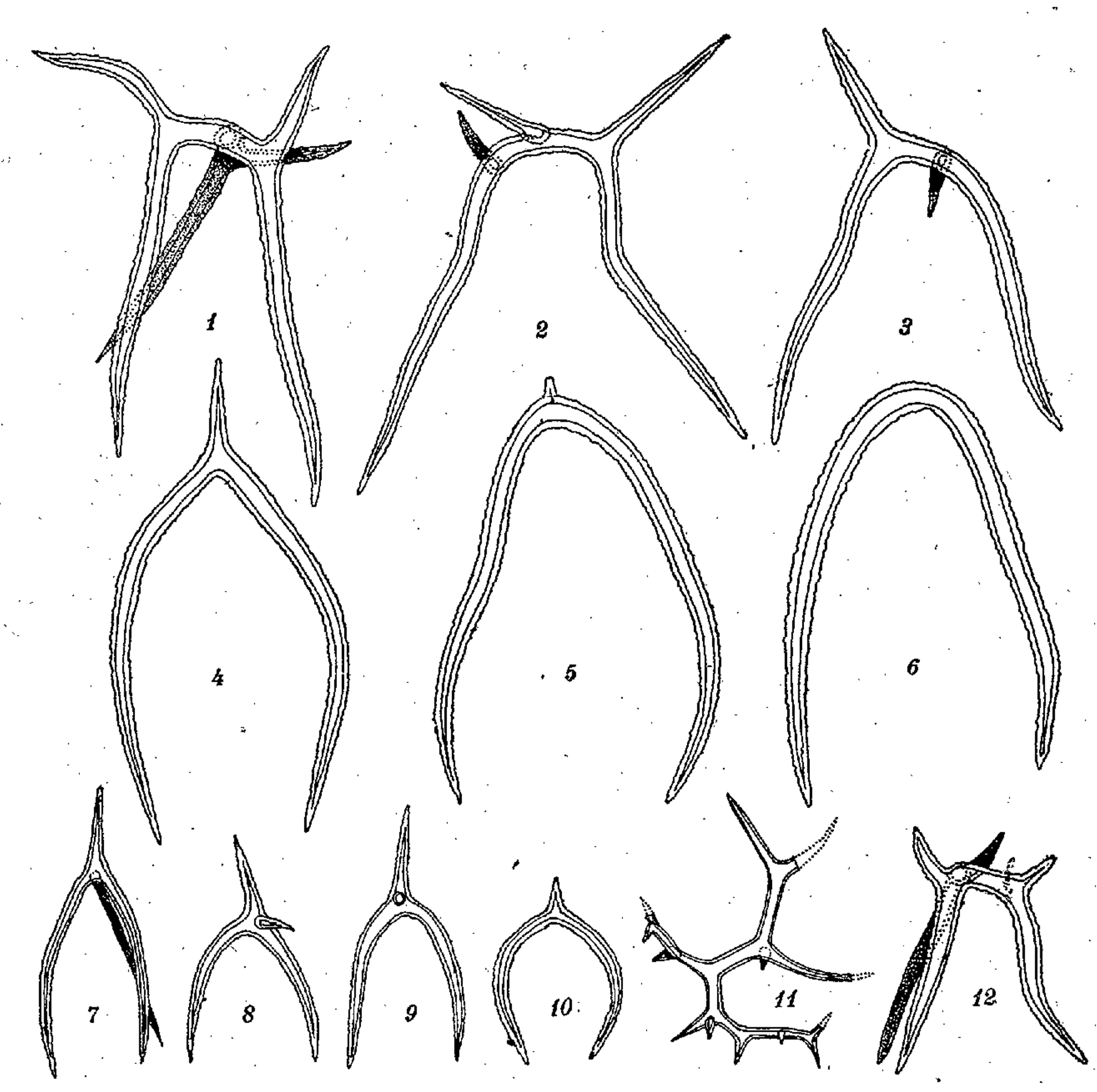


Fig. 1 à 12. — 1 à 3, prémutations de *Lyramula furcula*; 4, *Lyramula furcula*; 5 et 6, *Lyramula simplex*; 7 à 9, prémutations de *Lyramula furcula* var. *minor* n. v.; 10, *Lyramula furcula* var. *minor* n. v.; 11, forme cornuoïde de *Dictyocha* spec. ind.; 12, prémutation de *Lyramula furcula*. Grossissement uniforme : 450.

Que les intermédiaires observés soient ou non considérés comme des ancêtres directs, la conclusion s'impose : les deux espèces de *Lyramula* dérivent, par simplification progressive, de squelettes à cornes multiples, tirant eux-mêmes leur origine, par disparition de l'anneau basal, d'un géniteur inconnu du type *Dictyocha*.

Si, de ces faits, nous rapprochons maintenant le phénomène analogue, mais d'amplitude plus restreinte (perte *partielle* de l'anneau basal) qui a

présidé à la naissance de *Cornua trifurcata* Schulz du Sénonien de Prusse, phénomène se reproduisant accidentellement au Tertiaire et encore à l'époque actuelle, *on ne peut manquer d'être frappé par son allure orthogénétique.* Laissant de côté le problème des coupures et des acceptions génériques, qui sera abordé plus tard, la sériation *Dictyocha-Cornua-Lyramula*, parallèle à la sériation *Corbisema-Vallacerta*, qui ressort de ma précédente Note, montre un des sens de l'évolution des Silicoflagellidées.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Quelques remarques sur l'état physique et le comportement histochimique des globoïdes.* Note de Mlle **Janine Salmon**, présentée par M. Marin Molliard.

Les globoïdes ont été considérés par Pfeffer comme formés par des glycéro- ou des saccharo-phosphates de calcium et de magnésium, mais ce savant a montré que, lorsqu'on dissout ces sels par la potasse concentrée, il subsiste dans le globoïde un résidu colorable par l'iode et qui semble être une substance protéique. Tschirch et Kritzler ont admis la présence d'une globuline dans le globoïde. On sait enfin que Posternak a extrait des grains d'aleurone la phytine (ester hexaphosphorique de l'inositol) sous forme de sel double de magnésium et de calcium que l'on admet correspondre aux globoïdes.

Du point de vue cytologique, Arthur Meyer a montré le premier, en passant, que les globoïdes paraissent avoir certains des caractères histochimiques des corpuscules métachromatiques des Champignons. Guilliermond et Beauverie ont confirmé cette constatation et montré que les globoïdes se colorent métachromatiquement en rouge par la plupart des colorants basiques bleus ou violets d'aniline, comme les corpuscules métachromatiques. Guilliermond a insisté sur ces caractères et a émis l'hypothèse que cette coloration métachromatique serait due, non pas à la phytine, mais à une substance protéique associée à elle et qui serait voisine de la métachromatine. La question n'a jamais été reprise depuis cette époque.

Les recherches, que nous avons faites sur le mode cytologique de la formation des vaisseaux du bois dans les cotylédons de *Cucurbita Pepo*, nous ont donné l'occasion de rencontrer des grains d'aleurone dans les

cellules destinées à former ces vaisseaux du bois; elles nous ont amenée à reprendre l'étude des caractères histochimiques des globoïdes dont les résultats feront l'objet de cette Note.

L'observation de coupes de ces cotylédons, dans la graine non germée, fixée par le liquide de Regaud, celui de Helly ou le formol, en lumière polarisée, nous a montré que les globoïdes possèdent une biréfringence très accusée avec phénomène de la croix noire : ils présentent donc la structure de sphérocristaux. Tous les globoïdes sont biréfringents, mais tantôt ils montrent une croix régulière ou irrégulière, tantôt une région seulement du globoïde s'illumine entre nicols croisés. Au cours de la germination, la biréfringence subsiste un certain temps, puis se modifie au cours de l'évolution du globoïde. Dans les cellules périphériques du cotylédon qui se différencient précocement, certains globoïdes perdent leur biréfringence, alors que d'autres la conservent; mais la croix noire, lorsqu'elle subsiste, peut être déformée ou posséder un nombre variable de branches; il arrive même que, seul, le centre du globoïde conserve sa biréfringence. Les phénomènes de fusionnement, de gonflement, puis de dissolution qui interviennent au cours de cette évolution amènent sans doute des perturbations dans l'arrangement cristallin du globoïde. Il importe de remarquer que la biréfringence et le phénomène de la croix noire n'ont été constatés que dans les coupes fixées et ne se retrouvent pas dans la graine à l'état vivant.

Nos recherches confirment, d'autre part, les constatations de Guilliermond et Beauverie, et montrent que les globoïdes ont une électivité particulière pour les colorants bleus ou violets d'aniline (bleus de crésyle, de toluidine, Giemsa etc.) qui les colorent métachromatiquement en rouge, et les fait se détacher avec une grande netteté dans les grains d'aleurone dont la substance protéique est colorée en bleu. Parmi tous les colorants employés, le bleu de toluidine est celui qui nous a donné les meilleurs résultats.

Nos recherches démontrent en outre l'existence, dans les globoïdes, d'une substance lipidique. Les globoïdes se colorent en effet par le noir et le rouge Soudan B, le Scarlach, la teinture d'orcanette. Ils noircissent par l'acide osmique et se décolorent également par le bleu d'indophénol naissant. Enfin les globoïdes se colorent en pourpre violacé par la réaction Feulgen; la même coloration se produit sans hydrolyse préalable : cette réaction n'est pas générale, tous les globoïdes ne la présentent pas et, parmi ceux qui la présentent, il en est chez

lesquels la coloration n'est que partielle : elle apparaît sous forme d'un croissant violet ou d'une formation irrégulièrement lobée marquant l'emplacement du globoïde. Il semble d'ailleurs que l'hydrolyse et, dans le cas où celle-ci n'est pas faite, l'acidité du réactif de Schiff ne conservent pas intégralement les globoïdes qui sont solubles dans les acides.

Nos observations tendent donc à montrer que la constitution chimique des globoïdes est beaucoup plus complexe qu'on ne le croyait. Outre la phytine, il semble exister dans les globoïdes d'autres substances. Il est possible que la coloration métachromatique des globoïdes par les colorants bleus d'aniline soit due à une substance voisine de la métachromatine, mais nos recherches prouvent, en outre, qu'il existe dans les globoïdes une substance lipidique [1].

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Importance du molybdène comme oligoélément pour les légumineuses.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Divers auteurs s'étaient demandés si le molybdène avait une importance pour les végétaux supérieurs.

En 1937, K. Warigton [1], étudiant l'influence du molybdate de sodium, plus spécialement sur les Solanées, considère ce sel comme toxique. Un an plus tard, K. A. Dimitriev [2] montre que le Mo produit un fort effet positif sur la récolte en graines du trèfle rouge. D'après D. I. Arnon et P. R. Stout [3], ce métal est essentiel pour le développement normal des tomates. Il ne faut que 0,01 partie par million de Mo dans la solution nutritive; des concentrations de 10 parties par million sont toxiques (soit 2^{mg} par plante). La même année Denny [4] indique que 1 à 5 parties

(1) La phytine est classée généralement parmi les substances lipidiques, mais elle n'offre pas les réactions histochimiques des lipides et on ne peut lui attribuer les réactions que nous avons observées.

(1) *Ann. Appl. Biol.*, **24**, 1937, p. 475 (d'après *Chem. Abst.*, **31**, 1937, p. 8799).
(2) *Khimiz. Sot. Zeml.*, **7**, 1938, p. 80 (d'après *Chem. et Ind.*, **42**, 1939, p. 726).
(3) *Plant. Physiol.*, **14**, 1939, p. 599 (d'après *Chem. Abst.*, **33**, 1939, p. 8685).
(4) *Ind. Eng. Chem.*, new series, **17**, 1939, p. 10.

par million de Mo dans une solution de culture augmente le développement du sarrazin et 20 à 40 celui de l'orge. Pour les tomates, la concentration optima aurait été de 1 partie par million, les quantités supérieures étant toxiques.

Vers la même époque j'avais entrepris des recherches que les circonstances actuelles m'ont obligé d'interrompre. Ayant constaté que les légumineuses semblaient particulièrement riches en Mo ([5]), je m'étais demandé si ces plantes ne seraient pas particulièrement favorables à l'étude de l'action de ce métal sur les végétaux supérieurs. J'ai utilisé le pois cultivé en milieu liquide. Les sels, préparés pour une autre série de recherches, étaient déjà très purs, mais n'étaient pas totalement exempts de Mo : un litre de solution de culture en contenait encore $0^{mg},004$. On choisit pour l'expérience des graines germées aussi identiques que possible, la germination ayant été faite au préalable sur du papier filtre humecté avec de l'eau distillée. La tige du pois passe par un bouchon fendu, l'évaporation qui est ainsi diminuée est compensée avec de l'eau redistillée sous vide. Le pH du milieu est ajusté à 6,3 et le liquide est aéré tous les deux jours; afin d'éviter le développement d'algues, les bocaux sont entourés de papier noir ([6]).

L'expérience a duré du 5 juin au 25 juillet 1939, date à laquelle toutes les plantes ont donné des graines. Dans chaque lot les plantes étaient assez semblables entre elles, aussi bien d'aspect que de poids.

Mo en mg du milieu de culture d'une plante.	Nombre de plantes.	Poids moyen (en g) de la plante		Poids sec rapporté à 100.
		fraîche (*).	sèche.	
A. 0,004 (témoin)......	4	2,225	0,217	100
B. 0,044..............	2	3,110	0,313	144,2
C. 0,404..............	2	2,120	0,238	109,7

(*) Partie aérienne.

Le molybdène a donc eu une influence très nette sur le développement du poids. Les chiffres montrent en outre que la loi de l'optimum de concentration nutritive ([7]) se retrouve pour le molybdène.

([5]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2024 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 22, 1940, p. 60.

([6]) La composition du milieu de culture ainsi que d'autres détails seront donnés dans un Mémoire ultérieur.

([7]) GABRIEL BERTRAND, *Zeits. für angew. Chemie*, 44, 1931, p. 917-921.

Par des cultures en pleine terre, j'ai constaté d'autre part que la quantité de Mo que l'on trouve dans les légumineuses, ainsi que dans d'autres plantes, varie avec la teneur du sol en cet oligoélément. Les chiffres ci-dessous sont donnés pour des échantillons récoltés à la même époque.

	Mg de Mo par kg de mat. sèche.
Lupin blanc. Commune de Martinet (Vendée)	0,820
» Centre national de recherches agronomiques (Versailles)	2,28
Haricot. Centre national de recherches agronomiques (Versailles)	2,86
» Institut Pasteur de Paris	3,82
Fève. Grignon (École d'Agriculture)	2,8
» Institut Pasteur de Paris	4,48
Carotte sauvage. Commune de Martinet (Vendée) (champs)	0,674
» » » (verger)	1,23
Plantin long. » » (champs)	1,78
» » » (prairie)	2,7

Une telle différence dans les résultats n'est pas due au manque de précision de la méthode d'analyse : ayant trouvé $0^{mg},573$ de Mo par kg d'aiguilles de Pin sèches, j'en ai retrouvé un an plus tard dans les mêmes aiguilles et avec d'autres réactifs $0^{mg},586$; soit une variation de seulement 2,3 %, résultat en accord avec ce que j'indiquais dans la publication de la méthode. D'autre part, l'examen spectrographique du Mo isolé de ces échantillons végétaux a montré que ce métal ne contenait que des traces de Cu et de Sn.

Conclusion. — Les légumineuses peuvent croître d'une façon morphologiquement normale dans des milieux dont la teneur en molybdène oscille dans de larges limites; mais, tout au moins pour le pois cultivé en milieu liquide, le rendement en matière sèche varie notablement avec la quantité de métal; la loi de l'optimum de concentration nutritive se confirme pour le molybdène; une quantité de $0^{mg},4$ de cet oligoélément par litre de milieu nutritif étant déjà trop forte.

ZOOLOGIE. — *Sur l'idée d'homologie de la coquille et de l'opercule chez les Gastéropodes; données embryologiques.* Note de M. **Paul-H. Fischer**, présentée par M. Louis Bouvier.

Certaines idées, après avoir subi des alternatives de faveur et de discrédit, peuvent se réveiller d'un long sommeil. C'est ce qui se produit pour la théorie d'équivalence de la coquille et de l'opercule.

L'homologie de ces pièces fut proposée par Adanson, combattue par Lamarck et Blainville, reprise par Dugès, Gray etc., et réfutée « sans retour » par Houssay (1). Elle semblait depuis lors abandonnée, la coquille et l'opercule étant formés par deux organes différents, le manteau et le pied, malgré le nom de *manteau operculaire* proposé par Gray pour le disque operculigère.

L'assimilation aux valves de Lamellibranches se heurte d'autre part à des obstacles (non-articulation de la coquille et de l'opercule; fait que les muscles adducteurs des valves sont transverses, tandis que le muscle columellaire joignant la coquille à l'opercule est longitudinal).

La question a été rouverte en 1932 par une publication de Fleischmann (2) contenant une étude de Sahm sur la forme et la croissance des opercules calcaires; Fleischmann conclut que l'opercule et la coquille sont des organes opposés, droit et gauche; l'auteur les qualifie aussi *deux moitiés de coquille inégales* ou *une double coquille* (*loc. cit.*, p. 610).

Pour savoir dans quelle mesure ces problèmes d'homologies correspondent à des réalités ou se ramènent à des questions de mots, il me semble qu'il est utile de les examiner sous différents angles, et de ne pas omettre, en particulier, le mode d'apparition de l'organe chez l'embryon. Or ce dernier point de vue a été si négligé pour l'opercule, que Sahm a pu écrire qu'aucun renseignement précis n'existait sur la forme première de l'opercule, personne n'en ayant observé l'apparition (*loc. cit.*, p. 584).

Mes recherches contribueront à combler cette lacune. J'ai constaté en

(1) *Recherches sur l'opercule et les glandes du pied des Gastéropodes*, Thèse, Paris, 1884, p. 74.

(2) *Zeitschr. f. Morph. und Œkol. der Tiere*, 25, Berlin, 1932, p. 549.

effet sur l'embryon de *Purpura lapillus* L. que l'opercule embryonnaire se présentait tout d'abord sous forme d'une *cuticule* sécrétée par une plage de cellules épithéliales pédieuses; cette cuticule reste adhérente à la région médiane de la plage operculigène primitive et s'en détache marginalement.

Certaines cellules de cet épithélium, un peu plus aplaties, se différencient progressivement en cellules myo-épithéliales, et la branche operculaire du muscle columellaire se met ainsi en connection avec l'opercule primitif. La structure spiralée ne tarde pas à se manifester sur l'opercule. C'est à un stade bien plus tardif qu'un opercule secondaire vient se stratifier par dessus l'opercule primitif, par suite de l'activité sécrétrice de cellules de bordure différenciées en cours de croissance. Cet opercule secondaire était en fait le seul connu, et les auteurs qui l'on décrit ne se sont pas rendu compte de la persistance de l'opercule primitif, qui constitue, chez la Pourpre âgée, la couche la plus interne de l'opercule définitif, couche méconnue en raison de sa faible épaisseur.

Si, en regard de cette apparition de l'opercule, ainsi élucidée, on considère la formation déjà un peu connue de la coquille, on voit que la genèse en est différente : chez la Pourpre, étudiée par Pelseneer ([3]), la coquille se forme aux dépens d'une invagination coquillère produite à l'opposé de la bouche dans les dix premiers jours de la vie embryonnaire, avant le *stade de fixation*, tandis que l'opercule ne se différencie qu'après ce stade sur l'ébauche toute nouvelle du pied. De plus la coquille primitive est une cupule cristalline et non une lame comme l'opercule primitif. C'est le moment de rappeler que chez les Lamellibranches les *deux* valves se forment ensemble aux dépens de l'invagination coquillère.

Force est donc d'admettre une discordance marquée dans l'origine de la coquille et de l'opercule.

Je fais aussi des réserves sur la symétrie droite et gauche attribuée à ces organes, l'opercule étant médio-dorsal chez l'embryon, tandis que l'invagination coquillère ne tarde pas à se déplacer vers la gauche.

La forme spiralée de certains opercules, qui fut sans doute le point de départ de l'idée d'homologie, n'a pas encore été clairement expliquée, et elle ne pourra l'être que lorsque le mode de croissance des faisceaux mus-

---

([3]) *Mém. Acad. Roy. Belg.*, 2e série, 3, 1911, p. 36.

culaires connexes aura été détaillé avec précision. Il n'y a d'ailleurs rien d'étonnant à ce que la torsion qui affecte le muscle columellaire du côté de la coquille ait un contre-coup dans la partie operculaire de ce muscle, et par voie de conséquence dans la structure de l'opercule.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la préparation d'une nouvelle fraction des protéines plasmatiques, l'haptoglobine.* Note de MM. **Michel Polonovski** et **Max-Fernand Jayle**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'étude de l'action peroxydasique de l'hémoglobine nous a mis sur la voie d'un principe plasmatique capable de transformer la cinétique de l'action catalytique du pigment sanguin, en lui conférant toutes les propriétés des peroxydases végétales.

Le plasma sanguin, mélangé à une solution d'hémoglobine de titre connu, active le pouvoir de l'hémoglobine d'accélérer l'oxydation de l'acide iodhydrique par un hydroperoxyde d'alcoyle ROOH :

$$ROOH + 2IH \rightarrow I^2 + ROH + H^2O.$$

Mais, dans les conditions expérimentales choisies, à pH 4,4, l'évolution du système ($ROOH — HbO^2 — IH$) a une durée éphémère en raison

a. de la destruction rapide de HbO^2 par le peroxyde;

b. de l'inhibition de la catalyse par l'iode libéré, dès qu'il atteint une certaine concentration.

De plus il n'existe pas de proportionnalité entre l'activité peroxydasique de HbO^2 libre et sa concentration dans le milieu réagissant. Mais il suffit d'ajouter une quantité suffisante de plasma sanguin pour que :

a. la résistance de HbO^2 à l'effet destructeur du peroxyde soit considérablement augmentée;

b. l'iode n'ait plus aucun effet sur la cinétique de la réaction;

c. l'activité de HbO^2 devienne strictement proportionnelle à sa concentration.

L'activateur plasmatique a donc pour effet de transformer l'action pseudo-peroxydasique de HbO^2 à l'égard de la réaction étudiée en action peroxydasique vraie. Le plasma, surtout dans certains cas pathologiques, renferme

une véritable *coperoxydase*, mais dont on le prive par chauffage à 80°, par défécation ou par ultra-filtration. Nous avons réussi à isoler cette substance par précipitation fractionnée par le sulfate d'ammoniaque.

Les principaux temps de l'opération sont les suivants :

1° On recueille du sang artificiel d'homme ou de chien sur oxalate et on le centrifuge en prenant toutes précautions utiles pour éviter l'hémolyse.

2° On ajoute à 100^{cm^3} de plasma 90^{cm^3} d'une solution saturée de sulfate d'ammoniaque pour éliminer la presque totalité des globulines qui ne contiennent pas l'activateur.

3° Sur une prise d'essai de 5^{cm^3} du filtrat, on recherche, par tâtonnement, la quantité minimum de la solution de sulfate d'ammoniaque à ajouter pour précipiter la fraction des albumines contenant l'activateur. Après chaque essai, on mesure par la méthode peroxydasique la teneur du filtrat en activateur. 2^{cm^3} à $2^{cm^3},5$ de la solution de $SO^4(NH^4)^2$ suffisent pour en obtenir la presque totalité. Puis on additionne, à la totalité du filtrat, la quantité calculée de solution saturée de sulfate d'ammoniaque.

On obtient un floculat peu abondant, qui centrifuge difficilement, si bien qu'on ne peut le séparer par cette méthode, et qui colmate la surface des filtres, en raison de son état visqueux et gélatineux.

4° On le sépare par filtration, sur un filtre à plis, opération qui demande de 24 à 48 heures.

5° Le précipité, de l'ordre de 1 à 2^g pour un litre de plasma, est repris par 100^{cm^3} d'eau. On décolore, par agitation en milieu neutre, avec quelques grammes de noir animal, on agite la solution avec 2^{cm^3} d'éther, on centrifuge et décante. La solution est enfin dialysée sur eau courante.

La purification peut être poussée plus loin par adsorption sur du kaolin en milieu acétique dilué, ou mieux en milieu neutre sur l'hydroxyde d'alumine A préparé selon la méthode de Willstätter et élution par une solution ammoniacale. Cette élution n'est pas quantitative. C'est cette solution ammoniacale, contenant l'activateur purifié, qui, après neutralisation, nous a permis d'élucider le mécanisme d'action de cette coperoxydase sur une solution M/20000 d'hémoglobine cristallisée de cheval.

Le protide activateur se fixe sur HbO^2 et son sort lui est alors lié au cours de la précipitation fractionnée qui entraîne le complexe sans pouvoir le dissocier. Sans doute cette copulation est-elle due à sa nature électropositive.

Cette propriété est à la base du nom d'haptoglobine que nous lui avons attribué (de ἅπτω, fixer) ([1]).

([1]) Nous avons d'abord proposé le terme de prosaptoglobine (de προσαπτω, s'attacher à) (J. Troisier, M. Polonovski, M.-F. Jayle et M.-F. Brissaud, *Bull. Acad. Méd.*, **123**, 1940, p. 239), mais, pour des raisons d'euphonie, nous préférons lui substituer celui d'haptoglobine.

La formation du complexe HbO^2-haptoglobine ne se fait qu'à un pH supérieur à 7, et peut être suivie par la réaction peroxydasique en inhibant au départ par l'iode l'action catalytique de HbO^2 libre.

L'haptoglobine, infime fraction des protéines plasmatiques, est responsable de nombre de modifications physicochimiques du plasma au cours d'états pathologiques variés, que traduisent les variations du pH_i de la vitesse de sédimentation globulaire, de la réaction à la résorcine de Vernes etc. Elle permet de chiffrer l'intensité d'un processus toxique ou infectieux, et présente de ce fait une valeur diagnostique et pronostique considérable.

A $15^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 27 mars 1940.)

Note de M. *Pierre Vernotte*, Mise en formule d'une loi expérimentale :

Page 475, ligne 8, *au lieu de* les 5 coefficients M, B, D, C, A, *lire* les 5 coefficients D, C, M, B, A; ligne 14, rectifier trois fautes de signes dans la formule qui doit être lue comme suit

$$\begin{aligned} &M(x_5 - x_3) - C(\bar{y}_5 - \bar{y}_4) \\ &\qquad - D[x_3 x_4 \bar{y}_5 - (x_5 + x_4 - x_3) x_3 \bar{y}_4 + (x_5 - x_3)\Sigma_3] : x_3 x_4 x_5 = x_5 \bar{y}_5 - x_3 y_4 \end{aligned}$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 DÉCEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Relation simple entre les fréquences d'une même molécule dans les états gazeux, liquide et solide.* Note de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle est la suite de six Notes qui exposent toutes l'application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Le lecteur est prié de se reporter surtout aux quatre dernières Notes qui offrent un intérêt particulier et ont été publiées les 23 octobre et 11 décembre 1939, les 19 février et 30 octobre 1940. La Note du 23 octobre 1939 compare les fréquences de composés de l'hydrogène et du deutérium, qui ont la même formule chimique et donc la même liste *Act.* des nombres s' d'électrons activables, ce qui est confirmé nettement par l'analyse de leurs fréquences (1). Les deux Notes suivantes comparent les fréquences de la même molécule dans les états gazeux et liquide; la fréquence, en général plus petite, du liquide est expliquée par la formation de polymères. Enfin la dernière Note étend la recherche à l'état

---

(1) Je rappelle que chaque fréquence ν de la molécule est liée au nombre s' d'électrons activés par sous-anneaux et anneaux dans un atome ou groupe d'atomes de la molécule par la formule simple (1) $\nu = qd_1/s'r'$, d_1 étant la constante universelle 1062,5, r' et q des nombres entiers. Toutes les parties de la molécule stable émettent la même fréquence ou des fréquences très voisines. On analyse la fréquence en recherchant les nombres s', r' et q, qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence avec un résidu très faible.

solide avec la molécule H^2S, étudiée dans l'Inde à la température de l'oxygène liquide (—180°). Le résultat principal est le suivant : la fréquence unique du gaz, $\nu 2615$, est égale à $32 d_1/13$, et la fréquence nouvelle du solide à —180°, $\nu 80$, est égale à $d_1/13$, 13 étant le nombre d'électrons du 1er anneau et du sous-anneau suivant du radical SH ou le nombre s' de SH2a'. dans l'arrangement SH — H. Pour bien expliquer l'apparition inattendue de cette fréquence très petite, qui est la vibration fondamentale du radical SH, j'ai analysé les fréquences d'autres molécules étudiées aussi à —180° par les physiciens hindous Sirkar et Gupta, et en particulier des molécules CS^2, $CHCl^3$ et CCl^4, C^6H^6 et C^6H^5Cl.

Je présente aujourd'hui l'analyse des trois états de la molécule CS^2, qui contient, comme la précédente SH^2, l'atome S dont tous les composés sont intéressants. La liste *Act.* du tableau XXIII ci-contre indique pour les atomes C et S les nombres s' communs 4 et 6, et aussi les nombres 3 et 5 avec ionisation intérieure, d'où les molécules $(CS)^n$ reconnues par les chimistes, n étant un nombre entier. Avec la molécule CS^2, les s' communs sont : le nombre 7 de l'arrangement C — S^2 ionisé, et, dans l'arrangement CS — S, les nombres 6 et 12, et aussi les nombres 11, 13, 15 et 17 de l'ionisation intérieure. Les molécules C^3S^2 et C^4S ont, à première vue, les nombres s' communs aux deux parties, pour l'une égaux à 12 et pour l'autre à 16; elles peuvent donc être stables. A noter que la molécule CO a les mêmes nombres s' communs, 4, 6, 3 et 5, que la molécule CS. En fait, la loi simple des fréquences égales imposées aux parties explique mieux les molécules CO et CS que la théorie des valences, et sans exiger une hypothèse supplémentaire ([2]).

Les fréquences Raman de CS^2 sont les suivantes ([3]) :

Gaz............		(1) 655			
Liquide..........	(2) 648,5	(20) 656	(1) 796		
Solide à —180°....		(4) 653	796	(5) 70	(1) 81

et leur analyse est résumée dans le tableau.

([2]) La théorie des valences a rendu les plus grands services et en rendra encore, surtout dans le domaine de la Chimie organique. Dans l'état actuel des recherches, la conception nouvelle des molécules, appuyée sur les lois de leur rayonnement, peut être considérée comme un complément utile de la théorie des valences.

([3]) Les fréquences de CS^2 sont tirées de l'Ouvrage de Magat de 1937 et des Mémoires suivants : Gaz, Imaniski, *Nature*, 135, 1935, p. 396; Liquide, Rao, *Proc. Indian Akad.*, 2, 1935, p. 46; Solide, Sirkar, *Indian J. Phys.*, 10, 1936, p. 186. Ces mesures des trois états ne sont pas dues à un même auteur, mais elles ont été faites à une époque où la technique expérimentale était bien établie.

TABLEAU XXIII. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste *Act.* — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.), des sous-anneaux et anneaux (a'.), activables dans les atomes et groupes d'atomes de la molécule CS^2 et de ses polymères.

	Bisulfure de Carbone CS^2.												
	CS^2.				C^2S^4.				C^3S^6.		C^4S^8.		
	$C—S^2$.		$CS—S$.		$C^2—S^4$.		$C^2S—S^3$.		$C^3S^2—S^4$.		$C^4S—S^7$.		
1 a'.	*2*	*8*	*6*	*4*	*4*	*16*	*8* ou *12*	*12*	*14*	*16*	*12*	*28*	*1* a'.
1 a.	*4*	*12*	*10* ou *12*	*6*	*8*	*24*	*14* ou *18*	*18*	*24* ou *30*	*24*	*22* ou *30*	*42*	*1* a.
2 a'.		*24*	*16* ou *18*	*12*		*48*	*20* ou *24*	*36*	*36* ou *42*	*48*	*28* ou *36*	*84*	*2* a'.
2 a.	*6*	*28*	*20*	*14*	*12*	*56*	*26*	*42*	*46*	*56*	*38*	*98*	*2* a.
3 a.		*32*	*22*	*16*		*64*	*28*	*48*	*50*	*64*	*40*	*112*	*3* a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de sous-anneaux et d'anneaux activés (a'_1 et a_1).
CS^2 Gaz Raman	$\nu = (1)\,655$	$= 8\,d_1/13\ +1,2$	13 de CS^- 2a. et 1a. — 13 de S^+ 2a.
38 électrons, 1 fréq.		$13\,d_1/21\ -2,1$	21 de CS^- 2a. — 15 de S^+ 3a. ou 7 de C^- 2a. — 7 de S^{2+} 1a'.
		$21\,d_1/34\ -1,5$	17 de CS^+ 2a. et 2a'. — 17 de S^- 3a.
		$29\,d_1/47\ +1,2$	47 de S^{3+} 3a. — 27 de C^2S^- 2a.
		$37\,d_1/60\ -0,2$	15 de CS^+ 1a. et 2a'. — 15 de S^- 2a. et ses polym. ou 12 de CS 2a. et 1a. — 12 de S 2a'. ou 10 de CS 1a. — 6 de S 1a.
		$40\,d_1/65\ +1,2$	13 de S^{2-} 1a. — 5 de C^+ 2a.
		$45\,d_1/73\ +0,4$	73 de S^{6-} 2a'. — 47 de C^4S^{2+} 2a. et 2a'.
		$50\,d_1/81\ -0,9$	27 de S^{2+} 2a. — 7 de C^- 2a.
		$55\,d_1/86\ +0,3$	43 de S^{3-} 2a. — 27 de C^2S^+ 3a.
Liquide Raman	$\nu = (20)\,656$	$= 21\,d_1/34\ -0,5$	Voir ci-dessus ν 655.
3 fréquences		$37\,d_1/60\ +0,8$	id.
	$\nu = (3)\,648,5$	$= 11\,d_1/18\ -0,8$	18 de C^2S 2a. et 1a. — 18 de S^3 1a.
		$14\,d_1/23\ +1,8$	23 de C^2S^+ 2a. et 2a'. — 13 de S^{3-} 1a'.
		$25\,d_1/41\ +0,6$	41 de S^{3+} 2a. — 27 de C^2S^- 2a.
		$30\,d_1/49\ -2,0$	49 de S^{3-} 3a. — 27 de C^2S^+ 3a.
		$35\,d_1/54\ -0,8$	27 de C^2S^+ 3a. — 49 de S^{2-} 3a.
		$39\,d_1/64\ +1,0$	16 de S^4 1a'. — 8 de C^2 1a.
		$47\,d_1/77\ +0,0$	11 de S^{3+} 1a'. — 9 de C^2S^- 1a'.
	$\nu = (4)\,796$	$= 3\,d_1/4\ -0,9$	4, 8, 12, 16, 24, ... de $C^2—S^4$ et $C^2S—S^3$.
Solide à $-180°$ Raman.	$\nu = (4)\,653$	$= 8\,d_1/13\ -0,8$	Voir ci-dessus ν 655.
4 fréquences		$21\,d_1/34\ -3,5$	id.
		$37\,d_1/60\ -2,2$	id.
	$\nu = (5)\ 70$	$= d_1/15\ +0,8$	15 de C^3S^{2-} 1a'. — 15 de S^{4+} 1a'. et ses polym.
		$2\,d_1/31\ +1,4$	31 de C^3S^{2-} 2a. et 1a. — 23 de S^{4+} 1a.
		$3\,d_1/44\ -2,4$	44 de $(CS^-)^4$ 1a. — 44 de $(S^+)^4$ 2a'.
		$3\,d_1/46\ +0,7$	23 de S^{4+} 1a. — 31 de C^3S^{2-} 2a.
		$3\,d_1/47\ +2,2$	47 de S^3S^{2-} 2a. — 47 de S^{4+} 2a'.
		$4\,d_1/60\ -0,8$	60 de $(CS^+)^4$ 2a'. — 60 de $(S^-)^4$ 2a.
	$\nu = (1)\ 81$	$= d_1/13\ -0,7$	13 de CS^- 2a. et 1a. — 13 de S^+ 2a. et ses polym. 39 de C^4S^- 2a. — 27 de S^{7+} 1a'.
		$2\,d_1/27\ +2,3$	27 de S^{7+} 1a'. — 39 de C^4S^- 2a.
		$3\,d_1/40\ +1,3$	40 de C^4S^{--} 2a. — 40 de S^{7++} 1a.
		$5\,d_1/66\ +0,5$	66 de S^{4--} 3a. — 40 de C^3S^{2++} 2a. et 2a'.
		$5\,d_1/67\ +1,7$	67 de C^4S^{3-} 2a. — 79 de S^{5+} 3a.
		$6\,d_1/79\ +0,3$	79 de S^{5+} 3a. — 67 de C^4S^{3-} 2a.
		$7\,d_1/92\ -0,9$	23 de C^4S^- 1a. — 27 de S^{7+} 1a'.

La fréquence unique du gaz montre dans son analyse les mêmes nombres s' 6, 7, 11, 12, 13, 15, 17 déjà annoncés par la formule chimique du composé et la liste *Act*. Ceux de ces nombres qui ne sont pas premiers, 6, 12 et 15, sont réunis dans leur plus petit commun multiple égal à 60, et les arrangements d'atomes et d'électrons qui leur correspondent sont les plus fréquents avec le résidu le plus faible. Cette fréquence est ainsi un harmonique de plusieurs fréquences élémentaires liées chacune à un arrangement particulier des atomes et des électrons, et j'ai expliqué dans la dernière Note du 30 septembre, par les mouvements des molécules dans le gaz et par un effet de résonance, comment les vibrations propres de tous ces arrangements étaient réunies dans une seule fréquence d'une grande intensité.

De plus, d'autres nombres s' de l'analyse, 47, 73 et 81, ont été rattachés aux polymères n° 2 et n° 4, dont la présence dans ce gaz de poids atomique relativement faible apparaît possible.

Lorsqu'on passe du gaz au liquide et au solide, la fréquence est modifiée, mais très peu, et ces petites différences sont attribuables aux changements que subit l'arrangement le plus fréquent avec les variations de la température.

Le liquide offre deux fréquences nouvelles, ν 448,5 et ν 796. La première est émise par le dimère C^2S^4, car son analyse presque entière est liée à l'arrangement $C^2S - S^3$ spécial à ce dimère ([1]). De plus, le groupe d'atomes C^2S doit être probablement une molécule stable; car ses deux parties C^2 et S ont les nombres s' communs 4, 7 et 12, et l'on sait qu'une combinaison moléculaire reste inchangée plus longtemps lorsqu'une au moins de ses parties est bien stable. D'autre part la fréquence ν 796 est attachée surtout à l'arrangement $C^2 - S^4$.

Le spectre Raman du solide à 180° est le plus intéressant. Il offre deux fréquences très petites, ν 70 et ν 81, représentées par des raies fines, la première étant même la plus intense du spectre, alors que le spectre correspondant de H^2S a une seule fréquence très petite, attachée plutôt à une bande. Mais la relation entre les spectres du gaz, du liquide et du solide est au fond la même; elle est seulement moins simple, les électrons plus nombreux de CS^2 se prêtant à des combinaisons plus variées.

([1]) Il faut distinguer les polymères C^nS^{2n} de la molécule (n étant un nombre entier), et les polymères de ses arrangements. La molécule CS^2 a deux arrangements $C - S^2$ et $CS - S$ dont les polymères sont $C^n - S^{2n}$ et $C^nS^n - S^n$.

Les petites fréquences ν 70 et ν 81 sont les vibrations fondamentales des deux arrangements

15 de CS^+ 1 a. et 2 a′. — 15 de S^- 2 a. et 13 de CS^- 2 a. et 1 a. — 13 de S^+ 2 a.

qui, dans le gaz, sont les plus fréquents et représentés par deux harmoniques d'ordre élevé. Les mêmes fréquences sont émises aussi par les polymères de ces arrangements. Dans CS^2, la plupart des arrangements ont l'ionisation intérieure, ce qui est souvent le cas des composés qui ont un atome léger uni à des atomes plus lourds. En fait, dans les détails, chaque molécule a ses particularités.

La molécule simple est sûrement la plus nombreuse dans le gaz, et elle doit être encore assez nombreuse dans le solide, la fréquence du gaz étant peu modifiée à — 180°. De plus, l'action à distance par la résonance, diminuée par l'absorption, doit être plus faible dans le liquide et encore plus faible dans le solide. Les molécules qui, soumises à un seul arrangement, peuvent émettre sa vibration fondamentale, sont en nombre plus grand, et l'on conçoit que la fréquence ν 70 du nombre s' 15 puisse être la plus intense à — 180°. Cette fréquence est d'ailleurs aussi émise par le polymère n° 3 (*voir* le tableau).

Les polymères, déjà assez nombreux dans le liquide, doivent augmenter encore dans le solide. Le tableau présente l'accord des petites fréquences avec les arrangements $C^3S^2 — S^4$ du polymère n° 3, et $C^4S — S^7$ du polymère n° 4. Ces arrangements sont intéressants parce que les groupes d'atomes C^3S^2 et C^4S sont des molécules stables, et aussi parce qu'ils sont des têtes de série, les exposants de leurs atomes n'étant pas divisibles par un même nombre.

Une Note prochaine exposera l'analyse des molécules $CHCl^3$ et CCl^4 soumises à la température de l'oxygène liquide.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Plantes adventices et archéophytes observées à Paris ou aux environs de* 1900 *à* 1940. Note de M. **Auguste Chevalier.**

Après avoir montré [1] les conditions qui permettent les introductions de plantes adventices à Paris, et comment elles prennent possession des lieux vagues inoccupés (*terræ vacuæ*), nous passerons en revue celles de ces

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 453.

plantes que nous avons pu observer ou examiner en herbier, ainsi que les archéophytes les plus remarquables. Pour la commodité de l'exposé, nous grouperons ces végétaux en trois catégories : 1° arbres et arbustes (Phanérophytes); 2° plantes herbacées vivaces (Hémicryptophytes); 3° plantes annuelles et bisannuelles (Thérophytes).

1° *Phanérophytes*. — Il existe dans l'intérieur de Paris, le long des avenues, dans les squares et les jardins publics ou privés, un grand nombre de végétaux ligneux exotiques donnant chaque année des fleurs et des graines. Mais très peu nombreux sont ceux dont les graines s'ensemencent spontanément sur les décombres et dont les plantules se développeraient librement en arbres ou arbustes si l'homme ne les détruisait pas dès leur jeunesse. Les seules espèces adventices que nous ayons observées présentant la particularité de survivre parfois sont : *Hedera Hibernica* Kirchner (Lierre d'Islande), *Robinia pseudo-Acacia* L. (Robinier), *Æsculus hippocastanum* L. (Marronnier), *Acer Negundo* L. et *A. pseudo-Platanus* L. (Érable Negundo et Érable Sycomore), *Ailantus glandulosus* Desf. (Ailante du Japon), *Platanus orientalis* L. (Platane), *Taxus baccata* L. (If), *Syringa vulgaris* L. (Lilas), *Colutea arborescens* L. (Baguenaudier), *Ligustrum lucidum* Ait. (Troène du Japon). Deux arbustes exotiques fleurissant souvent sur les décombres de Paris méritent en outre d'être signalés :

Lycium vulgare Dunal. Cette espèce, originaire d'Orient, est très répandue dans la zone et autour de Paris où elle sert à faire des haies vives. Elle donne à l'automne de petites baies rouges que mangent les passereaux, et ce sont eux sans doute qui propagent l'espèce sur les décombres et dans les jardins abandonnés à l'intérieur de la ville, où elle pullule.

Budleia Davidi Franchet (= *B. variabilis* Hemsley). Cet arbuste ornemental, originaire de la Chine centrale, a été décrit seulement en 1877 et planté en France pour la première fois vers 1895. Depuis quelques années l'espèce se répand avec rapidité à Paris et aux alentours, là où il existe des places libres non cultivées et non foulées par les piétons; les graines, très fines et ailées, sont portées par le vent sur les terrains vagues et le long des quais où elles germent; les buissons peuvent fleurir et grainer dès la deuxième année s'ils ne sont pas coupés, mais ils sont souvent détruits avant d'avoir fleuri, de sorte que la plante ne produit abondamment des graines que sur les terrains clôturés.

2° *Hémicryptophytes*. — Ce groupe renferme comme adventices un certain nombre d'espèces étrangères qui se maintiennent tant bien que mal,

en colonies plus ou moins prospères et qui peuvent disparaître, puis réapparaître. Nous avons noté les suivantes :

Oxalis debilis H. B. K. (= *O. Martiana* Zucc.), originaire de l'Amérique du Sud, très répandu dans la troisième cour de l'Institut (près du Bureau des Longitudes) au pied des murs. Fleurit rarement et ne graine pas, mais se répand par des bulbilles que la plante produit en abondance.

Potentilla norvegica L., originaire de l'Europe septentrionale et de l'Amérique du Nord, s'est installé après la guerre de 1914-1918 en Haute-Normandie et aux environs de Paris, en quelques points où avaient séjourné des troupes américaines ; non revu et probablement disparu.

Epilobium angustifolium L. Cette belle plante, spontanée dans nos forêts, se répand depuis une soixantaine d'années le long des chemins de fer et sur les décombres; elle est assez fréquente actuellement dans Paris même, sur d'assez nombreux îlots de démolition.

Artemisia Verlotorum Lamotte. Plante d'origine inconnue (venue probablement de Chine centrale), décrite en 1876, d'après des spécimens observés dans le Plateau central et dans l'Isère, trouvée pour la première fois à Paris vers 1880 dans le cimetière Montparnasse; était assez commune de 1895 à 1920 aux environs de Paris, dans le Bois de Vincennes, sur les berges de la Seine près le Pont de Saint-Cloud etc.; elle se raréfie et nous ne l'avons observée en 1940 que près du cimetière de Gentilly.

Atropa Belladona L., plante seulement naturalisée en France, mais d'introduction très ancienne; elle se rencontre assez souvent à Paris, sur les ruines ou dans les jardins abandonnés; elle existait encore en 1940 dans des lieux vagues, près la Manufacture des Gobelins.

Leonurus Marrubiastrum L., labiée originaire de l'Asie centrale, regardée comme médicinale et introduite çà et là en Europe par les invasions; existe près de quelques villages d'Alsace et de la vallée de la Loire; très rare aux environs de Paris : nous l'avons observée en 1940 sur un terrain inculte près la porte de Clignancourt.

Polygonum cuspidatum Sieb. et Zucc. Rives de la Seine, près du Pont d'Issy; originaire du Japon et introduite par la culture.

Urtica dioïca L. var. *microphylla* Hausmann, *in* Hégi, variété bien distincte du type et presque aussi commune que lui dans les lieux incultes à Paris sur la zone; origine inconnue.

Imperata cylindrica P. B., graminée très répandue dans tous les pays tropicaux comme mauvaise herbe. Une colonie prospère, qui a pris de l'extension par ses rhizomes, existe en 1940 près de la Porte de Gentilly. Les graines ont peut-être été apportées avec les régimes de bananes.

Dactylis Aschersoniana Græbner, graminée regardée comme originaire de l'Europe centrale et dont l'aire s'étend en ce moment vers l'Ouest; signalée depuis quelques années par P. Jovet dans les Bois de Boulogne et de Vincennes. Nous l'avons observée en 1940 sur des décombres dans Paris même.

3° *Thérophytes.* — Les espèces dominantes des décombres de Paris, riches en nitrates, appartiennent principalement aux familles des Chénopodiacées, des Amarantacées et des Crucifères.

Nous passerons plus tard en revue les adventices annuelles se rattachant à d'autres familles.

Parmi les Chénopodiacées, le genre *Chenopodium* tient le record de fidélité à cette station. Les douze espèces de ce genre, énumérées dans les flores françaises, se rencontrent toutes dans la capitale ou aux alentours; sauf *C. album* et *C. polyspermum*, qui paraissent indigènes, les autres sont des archéophytes ou des adventices. Quelques-unes [*C. opulifolium*, *C. urbicum*, *C. ficifolium*, *C. hybridum*, *C. rubrum*, *C. striatum*, *C. giganteum*, *C. foliosum* (*Blitum virgatum*)] ne se montrent que d'une manière intermittente et par individus ordinairement clairsemés; on reste des années sans les voir : ce sont des éphémérophytes. Nous rangeons aussi parmi les éphémérophytes certaines espèces originaires d'Amérique et qui se montrent quelquefois de nos jours à Paris ou aux environs : *C. ambrosioides*, *C. multifidum*, *C. leptophyllum* Murr. et *C. botrys*, *C. hircinium*; enfin, ajoutons *C. carinatum* R. Br. d'Australie, trouvé par Gaume à Fontainebleau, ainsi qu'*Axyris amarantoides* L., Chénopodiacée de l'Asie centrale trouvée une fois à Cachan par Jeanpert. Les *Atriplex hastata* et *A. patula* sont très fréquents sur les décombres de Paris, mais ce sont de très anciennes anthropophiles; plus remarquable est *A. patula* var. *salina* Desv. qui vit sur des décombres à la Porte de la Villette et rappelle la forme des vases salées. Il semble, du reste, que la plupart des *Chenopodium* aient vécu sur les terrains salés subdésertiques avant de suivre l'Homme dans ses migrations.

Des sept espèces d'*Amarantus* citées dans la *Flore de France* de Coste, trois sont des archéophytes ou d'anciennes adventices assez fréquentes dans Paris même : *A. retroflexus*, *A. ascendens*, *A. silvestris*; une autre, souvent vivace, *A. deflexus*, ne se montre que par intermittence. Une espèce américaine dressée, *A. albus* L., naturalisée dans le Midi, est apparue à plusieurs reprises dans Paris et était encore commune en 1940 sur les

décombres près de la Porte de Vitry. Enfin, récemment, P. Jovet a signalé deux autres espèces étrangères qui sont devenues fréquentes depuis quelques années dans Paris même : *A. chlorostachys* Willd., qui se rattache à des formes asiatiques, et *A. blitoïdes* Watson, qui est parti de l'Ouest des États-Unis pour se répandre dans presque toute l'Amérique du Nord, et qui commence à envahir l'Europe en suivant partout les voies ferrées.

Nombreuses sont aussi les Crucifères adventices que l'on rencontre parfois sur les décombres de Paris ou des alentours, le long des quais, etc. Citons *Sisymbrium orientale*, *S. pannonicum*, *S. Sophia*, *S. Irio*, *S. supinum*, *S. strictissimum*, *S. wolgense*, *Bunias orientalis*, *Lepidum latifolium*, *L. Draba*, *L. densiflorum*, *L. perfoliatum*, *L. ruderale*, *L. bonariense*, *L. virginicum*, *Senebiera pinnatifida*; les unes sont venues de la région méditerranéenne ou du proche-Orient, les autres du Nouveau-Monde. Certaines sont déjà naturalisées abondamment, comme *Sisymbrium Irio*, *S. pannonicum*, *Lepidum Draba*, *L. ruderale*; d'autres ne font leur apparition que rarement et par pieds isolés; elles ne persistent pas en général.

Cette liste est fort incomplète, puisque le nombre des adventices et archéophytes trouvées à Paris et dans la banlieue, non compris de nombreuses obsidionales de 1871 qui n'ont pas été revues, dépasse 300 espèces. Quelques-unes, en voie d'extension, seront l'objet d'un examen ultérieur.

M. **Georges Bouligand**, par l'organe de M. **Élie Cartan**, qui a écrit la *Préface* de l'Ouvrage, fait hommage à l'Académie de la troisième édition de son *Cours de Géométrie analytique*.

M. **Georges Bouligand**, par l'organe de M. **Élie Cartan**, fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *Index d'Analyse et de Géométrie*, suivi de suppléments sur la théorie de l'intégrale, sur la spatialisation, sur la transformation de Sophus Lie.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines figures planes de l'espace attaché à l'opérateur* Δ_3. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

Poursuivant nos études (¹) sur les figures planes considérées comme appartenant à l'espace attaché à l'opérateur Δ_3, la distance d'un point à l'origine étant par conséquent représentée par $(x^3+y^3)^{\frac{1}{3}}$, nous avons été amené à considérer la configuration formée de trois droites issues d'un point S et arrêtées en A, B, C à l'axe des x. Une telle figure, que, pour simplifier, nous appellerons *triangle*, possède en effet des propriétés remarquables, analogues à celles du triangle ordinaire, et fait à merveille ressortir l'introduction du plan considéré.

Qu'appellera-t-on *hauteurs* de ce *triangle*? La hauteur issue de S est évidemment la perpendiculaire abaissée de S sur l'axe des x, l'orthogonalité ordinaire se conservant pour les directions parallèles aux axes. Soit à présent le sommet A. Dans un triangle ordinaire SAB, si m est le coefficient angulaire de SB, la hauteur issue de A est la droite dont le coefficient angulaire μ est tel que $\mu m=-1$. Dans le cas actuel, l'orthogonalité de trois directions étant définie par la relation $mm'm''=-1$, nous appellerons *hauteur* issue de A une droite dont le coefficient angulaire μ sera tel que $\mu m_2 m_3=-1$, en désignant par m_2 et m_3 les coefficients angulaires de SB et SC. Les *hauteurs* issues de B et C se définiront de la même manière.

Or un calcul très simple montrera que les trois hauteurs issues de A, B et C concourent, et concourent précisément en un point de la perpendiculaire abaissée de S sur ABC. D'où ce curieux théorème :

Les quatre hauteurs *d'un* triangle *sont concourantes.*

On aura un théorème semblable pour les *médianes*. Dans le triangle ordinaire, la médiane issue d'un sommet est conjugée harmonique, par

---

(¹) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1965 et 209, 1939, p. 590; *Journal de Math. pures et appl.* (sous presse).

rapport aux deux côtés issus de ce sommet, de la direction du troisième côté. Ici, nous appellerons *médiane* issue du sommet A la droite du coefficient angulaire μ' tel que les rayons AS et ABC soient conjugués harmoniques par rapport au faisceau μ', m_2, m_3, en considérant la définition que nous avons donnée antérieurement de la conjugaison harmonique dans le plan qui nous occupe. De même la *médiane* issue de S sera conjuguée harmonique de la direction ABC par rapport au faisceau SA, SB, SC. Dans ces conditions *les quatre* médianes *sont concourantes*, et leur point de concours est le centre de gravité de quatre masses égales placées aux quatre *sommets* S, A, B, C du *triangle*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation intégrodifférentielle de Boltzmann.* Note de MM. **André Lichnerowicz** et **Raymond Marrot**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Dans un Mémoire fondamental (1), M. Carleman a démontré en 1933 l'existence d'une solution unique de l'équation

$$\frac{dF}{dt} = T(F),$$

se réduisant pour $t = 0$ à une fonction positive donnée, sous les deux hypothèses suivantes :

a. F est indépendant des variables d'espace et ne dépend des composantes de vitesse ξ, η, ζ que par l'intermédiaire de $r = \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}$. Nous désignerons par $F(r, t)$ la fonction considérée.

b. La fonction $F(r, 0) = f_0(r)$ satisfait à des inégalités de la forme

$$0 \leqq f_0(r) < \frac{a}{(1 + r)^\chi} \qquad (\chi > 6),$$

pour

$$0 \leqq r < \infty.$$

Dans cette Note nous nous proposons de substituer à l'hypothèse *b*, l'hypothèse suivante :

b_1. L'intégrale $\int_0^\infty |F| r^\gamma dr \, (\gamma > 5)$ est convergente.

---

(1) *Acta Mathematica*, 60, 1933, p. 133. Les notations utilisées ici sont celles de ce Mémoire.

En utilisant une majorante de $T(F)$, on montre aisément, sous l'hypothèse b_1, la convergence absolue et uniforme des intégrales

$$\int_0^\infty T(F)\, r^2\, dr, \quad \int_0^\infty T(F)\, r^4\, dr.$$

La solution $F(r, t)$ admet par suite les deux intégrales premières classiques

$$\int_0^\infty F(r, t)\, r^2\, dr = A, \quad \int_0^\infty F(r, t)\, r^4\, dr = B,$$

et de l'existence de l'une de ces intégrales premières, on peut déduire que la fonction F est essentiellement positive quel que soit t.

Supposons maintenant, de plus, que la fonction $f_0(r)$ est essentiellement positive et non nulle sur un intervalle fini de valeurs de r. Il est alors aisé d'établir, en utilisant un procédé analogue à celui de Carleman, que la solution $F(r, t)$ satisfait nécessairement à une inégalité de la forme

$$|\log F(r, t)| < C(1 + r)^{2+\varepsilon},$$

pour

$$0 < r < \infty, \qquad t_0 \leqq t \leqq t_1,$$

où t_0 peut être choisi arbitrairement petit et où C désigne une constante. Il en résulte la convergence absolue et uniforme de l'intégrale

$$\int_0^\infty T(F) \log F\, r^2\, dr,$$

et nous pouvons énoncer le H-théorème sous la forme suivante :

Théorème. — *Pour toute solution* F *de l'équation de Boltzmann satisfaisant à l'hypothèse* b_1, *l'intégrale* $H = \int_0^\infty F \log F r^2\, dr$ *admet une dérivée* dH/dt *négative ou nulle.*

II. Dans son Mémoire cité au début de cette Note, Carleman a montré que la solution $F(r, t)$ converge uniformément, pour t infini, vers la solution limite $f(r) = a\, e^{-br^2}$.

Plus généralement, supposons que la solution $F(\xi, \eta, \zeta, x, y, z, t)$ tende, pour t infini, vers une fonction de Maxwell

$$f(\xi, \eta, \zeta) = a\, e^{-b\Sigma(\xi-u)^2} \qquad (a, b, u, v, w \text{ constants}),$$

et pour étudier F au voisinage de l'infini, posons

$$F = f(1 + \varphi).$$

L'équation de Boltzmann prend alors la forme

$$\text{(E)} \qquad \frac{d(f\varphi)}{dt} = \mathrm{T}[f, f\varphi] + \mathrm{T}[f\varphi].$$

Par un changement de variables et d'inconnue facile, dû à Hilbert, et ramenant toujours au cas de $b = 1$, on montre que $\mathrm{T}[f, f\varphi]$ peut s'écrire

$$\mathrm{T}[f, f\varphi] = -\frac{1}{4}\frac{a^2}{b^2}k\psi - \frac{1}{4}\frac{a^2}{b^2}\int_{\Omega_2}\mathrm{K}\psi_1\,d\omega_1,$$

où k est une fonction positive de r et K un noyau symétrique dont le premier itéré est de carré sommable dans Ω_1.

Pour plus de clarté, limitons-nous au cas de Carleman. On peut montrer qu'il est légitime de négliger dans l'équation (E) le terme $\mathrm{T}[f\varphi]$; elle se réduit alors à

$$\text{(E}'\text{)} \qquad \frac{d\psi}{d\tau} = -\psi - \int_{\Omega_1}\overline{\mathrm{K}}\psi_1\,d\omega_1,$$

où l'on a posé

$$\tau = \frac{1}{4ab^2}e^{r^2}k(r)t.$$

Intégration de (E′). — En cherchant des solutions particulières de la forme $g(\xi, \eta, \zeta)h(\tau)$, on est ramené, pour déterminer g, à une équation du type de Schmidt à valeurs propres *réelles*, *négatives* ou *nulles*. Il en résulte alors la solution générale de (E′), ce qui fournit ainsi la partie principale de la fonction de Boltzmann.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les zéros d'une fonction entière de deux variables.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

I. Nous adoptons les notations de A. Bloch et H. Cartan [1]

$$\mathrm{N}(x, r') = \sum_i \overset{+}{\log}\left|\frac{r'}{b_i(x)}\right|, \qquad \mathrm{N}(r, y) = \sum_k \overset{+}{\log}\left|\frac{r}{a_k(y)}\right|;$$

les sommes sont relatives aux racines $y = b_i(x)$, ou $x = a_k(y)$ de $f(x, y) = 0$,

$$\text{(1)} \quad \mathrm{N}(r, r') = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\mathrm{N}(r, r'e^{i\theta'})\,d\theta' + \mathrm{N}(0, r') = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\mathrm{N}(re^{i\theta}, r')\,d\theta + \mathrm{N}(r, 0).$$

---

(1) Voir H. Cartan, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 521. La fonction $\mathrm{T}(r, r')$ peut être définie également à partir des aires sphériques et de leurs moyennes par une relation analogue à la relation (1).

Au moyen des fonctions $N(r, r', a)$, la classe des équations $f(x, y) - a = 0$ s'étudie comme celle des équations $f(x) - a = 0$: $N(r, r', a)$ ne peut différer de $T(r, r')$ d'une quantité non bornée, quand r et r' augmentent indéfiniment, que si a appartient à un ensemble $E_0(a)$ de capacité nulle. On définit le défaut de chaque point comme dans le cas d'une variable.

Nous pouvons d'autre part construire une fonction $f(x, y)$ d'ordre *un* en x pour presque toutes les valeurs de y, mais d'ordre au plus $1-\alpha$ sur un ensemble $E_0(y)$ du segment $0 < y < 1$ qui soit de capacité nulle, mais possède la puissance du continu. Les remarques précédentes montrent alors que :

1. $N(r, y)$ *peut avoir un ordre de croissance déterminé en* r *pour presque toute valeur de* y, *mais avoir un ordre inférieur pour un ensemble* $E_0(y)$ *ayant la puissance du continu.*

II. L'étude de l'équation $f(x, y) = 0$ conduit à établir l'égalité

$$(2) \qquad N(r, y) + m_\lambda(r, y) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} N(r, \lambda e^{i\omega})\,\mathcal{R}\left(\frac{\lambda e^{i\omega} + y}{\lambda e^{i\omega} - y}\right) d\omega + m_\lambda(0, y)$$

avec

$$m_\lambda(r, y) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sum_i \log\left|\frac{\lambda^2 - \overline{b_i(r e^{i\theta})}\,y}{\lambda[y - b_i(r e^{i\theta})]}\right| d\theta, \qquad m_\lambda(0, y) = \sum_i \log\left|\frac{\lambda^2 - \overline{b_i(0)}\,y}{\lambda[y - b_i(0)]}\right|$$

et $|y| = r' < \lambda$, $|b_i(x)| \leqq \lambda$.

Le cercle $|x| = r$ a pour image, par la relation $f(x, y) = 0$, un ensemble de courbes du plan des y que nous noterons par γ_r : la quantité positive $m_\lambda(r, y)$ traduit la manière dont les arcs γ_r s'accumulent au voisinage de y_0 et compense $N(r, y)$. Au second membre, la fonction harmonique, qui prend les valeurs de $N(r, y)$ sur la circonférence $|y| = \lambda$, aura un comportement asymptotique peu variable avec y, quand r croît indéfiniment. Si $y = b_i^0$, les coefficients du pseudo-polynome relatif au point $x = 0$, $y = b_i^0$ permettent de remplacer $m_\lambda(0, y)$ par une valeur finie.

2. *Si* $|y| \leqq r' < \lambda$, *on a la majoration*

$$(3) \qquad N(r, y) \leqq \frac{\lambda + r'}{\lambda - r'} N(r, \lambda) + m_\lambda(0, y).$$

La recherche d'une limite inférieure sur certains ensembles conduit [2] à énoncer :

---

[2] J'ai dû, pour la démonstration, supposer $\partial N(r, r')/\partial \log r'$ moins croissante en r que $N(r, r')$. Une méthode, indiquée ailleurs (*Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 470), montre que cette restriction est inutile, au moins pour le sous-ensemble $L(y)$.

3. *Sauf éventuellement sur un ensemble* $E_0(y)$ *de capacité nulle contenu dans le cercle* $|y| \leq r' < \lambda$, *on a*

$$\lim_{r=\infty} \frac{N(r, y)}{N(r, \lambda)} > 1 - \frac{2}{k-1}, \qquad (\lambda = kr';\ k > 3).$$

Comme conséquence de sa convexité par rapport aux variables $\log r$, $\log r'$, $N(r, r')$ possède en r une croissance à peu près indépendante (3) de la valeur attribuée à r'. On peut choisir k aussi grand qu'il est nécessaire; le théorème 3 détermine donc bien la croissance de $N(r, y)$, à l'ensemble $E_0(y)$ près.

Si $f(x, y)$ est un polynome en y, on trouve le résultat précis concernant les algébroïdes : sauf sur un ensemble de capacité nulle, $N(r, y)$ ne peut différer de $T(r)$ que d'une quantité bornée quand r croît indéfiniment.

III. Nous dirons que y_0 est une valeur lacunaire de la relation $f(x, y) = 0$ si $f(x, y_0)$ ne s'annule pas. Supposons $y_0 = 0$, ce qui est sans importance, et appelons $\mu(r)$ le maximum de $\log|1/y|$ sur le cercle $|x| = r$.

4. *Si* $y_0 = 0$ *est une valeur lacunaire, on a, quand* r *augmente indéfiniment,*

$$\mu(r) < 2\log M(r, \rho') + A(\rho').$$

Si $y_0 = 0$ *est une valeur ordinaire, cette relation est remplacée par*

$$\frac{1}{r}\int_0^r \overset{+}{\log}\mu(t)\,dt < C(k)\log M(kr, \rho'), \qquad k > 1, \qquad r > r_0.$$

IV. Tout point appartenant à l'ensemble $L(y)$ des valeurs lacunaires est point d'accumulation pour les zéros des dérivées

$$\varphi_n(x, y) = \frac{\partial^n \varphi}{\partial y^n} \qquad \text{avec} \qquad \varphi(x, y) = \frac{1}{f(x, y)},$$

quelle que soit la valeur donnée à x.

5. *Si, pour une valeur* x_0, $\varphi_n(x_0, y)$ *n'a, quel que soit* n, *que* p *zéros au plus dans un domaine* $D(y)$, *l'ensemble* $C(y)$ *ne possède que* n *points au plus dans ce domaine, ou bien il le comprend entièrement et* $f(x, y)$ *est de la forme* $e^{\psi(x,y)}$.

(3) Les énoncés précis donnés par G. Valiron (*Bull. Sciences. math.* t. 47, p. 177) pour la fonction $\log M(r, r')$ sont ici valables.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété de la fonction de croissance* $T(r)$ *d'un système de fonctions holomorphes.* Note de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Paul Montel.

Dans l'étude des zéros des combinaisons linéaires et homogènes de $k+1$ fonctions entières f_i, MM. Hermann et Joachim Weyl (1) emploient la méthode d'Ahlfors (2) pour l'étude des valeurs prises par une fonction méromorphe (cas particulier $k=1$ de la nouvelle théorie). A cet effet, les auteurs introduisent les quantités

$$n(r,\alpha)=n(r,\Sigma\alpha_i f_i),$$
$$m(r,\alpha)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\frac{1}{\|\alpha f\|}\,d\varphi=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\frac{\sqrt{\Sigma|\alpha_i|^2\,\Sigma|f_i|^2}}{|\Sigma\alpha_i f_i|}\,d\varphi,$$

et montrent, tout d'abord, que l'expression

$$(1)\qquad t(r)=r\frac{d}{dr}m(r,\alpha)+n(r,\alpha)$$

est indépendante de α, ce qui correspond au premier théorème fondamental de la théorie classique (3).

On sait que, lorsque $k=1$, la fonction $t(r)$ a une interprétation géométrique très simple : $t(r)$ est proportionnelle à l'aire (mesurée sur la sphère complexe) de la surface de Riemann décrite par la fonction méromorphe $w=w(z)$, lorsque z décrit le cercle $|z|\leqq r$, aire qui peut être évaluée

(1) *Ann. of Math.*, **39**, 1938, II, p. 516-538.

(2) *Soc. Sci. Fennica, Comment. phys. math.*, **8**, 1935, X, p. 1-14.

(3) Cette nouvelle définition de la fonction de croissance $T(r)=\int t(r)\frac{dr}{r}$ n'est pas essentiellement différente de celle donnée par M. Henri Cartan (*Mathematica*, **7**, 1933, p. 5-31); cette dernière s'écrit en effet

$$T_0(r)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log u(re^{i\varphi})\,d\varphi \qquad\text{avec}\qquad u(re^{i\varphi})=\operatorname{Max} f_i(re^{i\varphi}),$$

tandis que la nouvelle se met très facilement sous la forme

$$T(r)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\sqrt{\Sigma|f_i(re^{i\varphi})|^2}\,d\varphi.$$

Et l'on a, par conséquent, $T_0(r)<T(r)<T_0(r)+\log(k+1)$.

de deux manières :

$$t(r)=\frac{1}{\pi}\int_{\tau=0}^{2\pi}\int_{\sigma=0}^{\infty}n(r,\sigma e^{i\tau})\frac{\sigma\,d\sigma\,d\tau}{(1+\sigma^2)^2}=\frac{1}{\pi}\int_{\varphi=0}^{2\pi}\int_{\rho=0}^{r}\frac{|w'|^2}{(1+|w|^2)^2}\rho\,d\rho\,d\varphi.$$

Cette double évaluation (généralisée) joue un rôle important dans la méthode d'Ahlfors.

Nous allons montrer que, pour des valeurs de k supérieures à 1, il est possible de donner une interprétation analogue de $t(r)$. Considérons un espace E à $k+1$ dimensions de coordonnées x_i et son espace réel image $\mathcal{E}$ à $2k+2$ dimensions, dont les coordonnées sont les parties réelles et imaginaires des x_i. Si, dans l'espace E, nous introduisons la métrique unitaire définie par

$$ds^2=\frac{\Sigma\,|x_i\,dx_j-x_j\,dx_i|^2}{(\Sigma\,|x_i|^2)^2},$$

il lui correspond, dans l'espace réel image $\mathcal{E}$, une métrique définie par un ds^2 dont la forme bilinéaire associée peut s'écrire

$$(ds\,\delta s)=\frac{\mathcal{R}\,\Sigma(x_i\,dx_j-x_j\,dx_i)\,(\overline{x_i}\,\overline{\delta x_j}-\overline{x_j}\,\overline{\delta x_i})}{(\Sigma\,|x_i|^2)^2}.$$

A deux vecteurs égaux et rectangulaires dz et $\delta z=i\,dz$ du plan complexe (z) correspondent, par la transformation $x_i=f_i(z)$, deux vecteurs égaux et rectangulaires de $\mathcal{E}$. Lorsque z décrit le cercle $|z|\leqq r$, le point correspondant x décrit dans l'espace $\mathcal{E}$ une surface à deux dimensions dont l'aire, mesurée avec la métrique unitaire, est égale à

$$\mathrm{A}(r)=\int_{\varphi=0}^{2\pi}\int_{\rho=0}^{r}\frac{\Sigma\,|f_i f_j'-f_j f_i'|^2}{(\Sigma\,|f_i|^2)^2}\rho\,d\rho\,d\varphi.$$

D'autre part, à tout point x on peut faire correspondre le plan d'équation $\Sigma x_i\xi_i=0$ ayant pour image dans $\mathcal{E}$ une variété linéaire à $2k$ dimensions qui coupe l'hypersphère S d'équation $\Sigma\,|\xi_i|^2=1$ suivant une variété $\mathcal{V}$ à $2k-1$ dimensions. Il est facile de démontrer que, lorsque x décrit une surface à deux dimensions, cette variété balaie une portion de l'hypersphère dont l'étendue (en métrique euclidienne) est proportionnelle à l'aire (en métrique unitaire) décrite par x.

Dans la correspondance $x_i=f_i(z)$, l'aire balayée par $\mathcal{V}$ est

$$\mathrm{B}(r)=\int_{(\mathrm{S})}n(r,\alpha)\,d\omega_\alpha,$$

$d\omega_\alpha$ étant l'élément d'aire de l'hypersphère S. Si l'on remarque que $t(r)$ est la valeur moyenne sur l'hypersphère de S de $n(r, \alpha)$, on arrive à la double expression de $t(r)$

$$t(r) = \frac{1}{S_0} B(r) = \frac{1}{\pi} A(r), \tag{2}$$

S_0 étant l'aire euclidienne de l'hypersphère S. C'est le résultat annoncé.

La fonction $t(r)$ *est proportionnelle, d'une part, à l'aire* (mesurée en métrique euclidienne) *dans* $\mathcal{E}$ *de la portion de l'hypersphère unitaire* S *balayée, lorsque* $|z| \leq r$, *par la variété* $\mathcal{V}$ *d'équation* $\Sigma f_i \xi_i = 0$; *d'autre part, à l'aire* (mesurée en métrique unitaire) *de la surface à deux dimensions décrite dans* $\mathcal{E}$, *lorsque* $|z| \leq r$, *par le point de coordonnées* f_i.

L'application de la formule de Green à $m(r, \alpha)$ fournirait une autre démonstration à la fois de la propriété exprimée par (1) et de la seconde interprétation de $t(r)$, correspondant au dernier membre de la relation (2).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *L'équilibre dynamique des étoiles.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Considérons une masse déterminée de gaz stellaire comprise dans une couche qui, à un instant t, se trouve à une distance r du centre de l'astre et présente une épaisseur dr. Dans cette couche et au même instant t, nous représenterons respectivement par ρ, P, β, g, T et v la densité de la matière, la pression totale, le rapport de la pression de la matière à cette pression totale, l'accélération de la pesanteur, la température absolue et la vitesse efficace des particules.

Ces grandeurs sont soumises : 1° à l'équation de Clausius

$$P = \frac{1}{3} \rho \frac{v^2}{\beta}; \tag{1}$$

2° à l'équation de Bialobrzeski

$$\frac{T^3}{\rho} = \frac{3R(1-\beta)}{a\beta\mu}, \tag{2}$$

où R est la constante des gaz, a le coefficient invariable de la loi de Stefan et μ le poids moléculaire moyen; 3° à l'équation qui caractérise le phéno-

mène thermodynamique effectivement réalisé dans les étoiles [1]

$$(3)\qquad dv^2 = -\frac{3}{4}\beta g\,dr + 3\frac{P}{\rho}d\beta;$$

4° à l'équation générale du mouvement

$$(4)\qquad dP = -g\rho\left(1 + \frac{1}{g}\frac{\delta^2 r}{\delta t^2}\right)dr,$$

où $\delta^2 r/\delta t^2$ est l'accélération à laquelle est soumise la matière de la couche et qui s'ajoute à l'accélération de la pesanteur.

Égalons les dérivées logarithmiques des deux membres de l'équation (1)

$$(5)\qquad \frac{dP}{P} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dv^2}{v^2} - \frac{d\beta}{\beta} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{1}{3}\frac{\rho}{\beta P}dv^2 - \frac{d\beta}{\beta}.$$

Puis opérons de même sur les deux membres de l'équation (2) :

$$3\frac{dT}{T} - \frac{d\rho}{\rho} = -\frac{d\beta}{1-\beta} - \frac{d\beta}{\beta},$$

$$3\frac{dv^2}{v^2} = \frac{d\rho}{\rho} - \frac{d\beta}{(1-\beta)\beta}$$

ou, en se référant à l'équation (1),

$$(6)\qquad \frac{\rho}{\beta P}dv^2 = \frac{d\rho}{\rho} - \frac{d\beta}{(1-\beta)\beta}.$$

Éliminons maintenant $g\,dr$ entre les équations (3) et (4). Il vient

$$(7)\qquad dv^2 = \frac{3}{4}\frac{\beta\,dP}{\rho\left(1 + \frac{1}{g}\frac{\delta^2 r}{\delta t^2}\right)} + 3\frac{P}{\rho}d\beta,$$

et introduisons cette expression dans la relation que l'on obtient en éliminant $d\rho/\rho$ entre les équations (5) et (6) :

$$\frac{dP}{P} - \frac{4}{3}\frac{\rho}{\beta P}\left[\frac{3}{4}\frac{\beta\,dP}{\rho\left(1 + \frac{1}{g}\frac{\delta^2 r}{\delta t^2}\right)} + 3\frac{P}{\rho}d\beta\right] + \frac{d\beta}{\beta} - \frac{d\beta}{(1-\beta)\beta} = 0,$$

$$(8)\qquad d\beta = \frac{(1-\beta)\beta}{4-3\beta}\frac{dP}{P}\frac{\frac{1}{g}\frac{\delta^2 r}{\delta t^2}}{1 + \frac{1}{g}\frac{\delta^2 r}{\delta t^2}}.$$

---

[1] E. Sevin, *Bulletin astronomique*, **11**, v et vi, 1938, p. 259; *Physique stellaire, Essai de synthèse*, Paris, 1939, p. 27.

Ce résultat permet de transformer comme suit l'égalité (7) :

$$dv^2 = \frac{3}{4}\frac{\beta\, dP}{\rho}\frac{1}{1+\dfrac{1}{g}\dfrac{\partial^2 r}{\partial t^2}}\left(1+\frac{4-4\beta}{4-3\beta}\frac{1}{g}\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}\right),$$

et, en portant cette expression dans l'équation (6), on trouve

$$\frac{3}{4}\frac{dP}{P}\frac{1}{1+\dfrac{1}{g}\dfrac{\partial^2 r}{\partial t^2}}\left(1+\frac{4-4\beta}{4-3\beta}\frac{1}{g}\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}\right) = \frac{d\rho}{\rho} - \frac{1}{4-3\beta}\frac{dP}{P}\frac{\dfrac{1}{g}\dfrac{\partial^2 r}{\partial t^2}}{1+\dfrac{1}{g}\dfrac{\partial^2 r}{\partial t^2}},$$

d'où, finalement,

$$(9)\qquad \frac{dP}{P}\left(1+\frac{4}{3}\frac{1}{g}\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}\right) = \frac{4}{3}\frac{d\rho}{\rho}\left(1+\frac{1}{g}\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}\right).$$

Telle est l'équation différentielle de l'équilibre dynamique des étoiles et qui est valable quelle que soit la grandeur de $(1/g)(\partial^2 r/\partial t^2)$, étant donné que nous n'avons apporté aucune simplification dans son établissement. Elle fait apparaître l'équilibre statique comme un cas particulier de l'équilibre dynamique. Si, en effet, l'accélération $\partial^2 r/\partial t^2$ est nulle, cette équation se réduit à $(dP/P) = (4/3)(d\rho/\rho)$, d'où en intégrant $P = \varkappa\rho^{4/3}$, ce qui est bien l'équation de l'équilibre statique. Simultanément, l'égalité (8) montre que la variation $d\beta$ est nulle, et l'on sait que c'est là ce que Bialobrzeski avait admis, par hypothèse, pour parvenir à l'équation de l'équilibre statique.

Dans le cas tout opposé où $(1/g)(\partial^2 r/\partial t^2)$ est très grand, l'équation tend à s'écrire $dP/P = d\rho/\rho$, d'où $P = \varkappa\rho$; ce cas est celui des supernovæ et des novæ. Mais le cataclysme, auquel sont soumis ces astres, porte en lui-même son remède : au cours de l'écroulement d'une étoile, l'accélération de la pesanteur augmente rapidement puisque, en représentant par G la constante de gravitation et par M_r la masse de la matière qui est contenue dans la sphère de rayon r, $g = GM_r/r^2$. Si, par exemple, r se trouve réduit au dixième de sa grandeur primitive, la valeur de g est multipliée par 100. Le phénomène est donc freiné et, après une contraction suffisante, l'étoile doit retrouver un état d'équilibre statique ; c'est ce que prouve l'observation.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Courbe des vitesses au voisinage de la paroi en régime d'écoulement turbulent, déduite des mesures de convection.* Note de M. **Gustave Ribaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les mesures de frottement, dans un conduit cylindrique ou le long d'un plan, permettent de tirer des conclusions sur la répartition des vitesses dans la zone de frottement turbulent; en revanche, elles ne sont pas susceptibles de nous fournir d'indications sur le régime des vitesses au voisinage immédiat de la paroi; la couche laminaire secondaire située au contact de la paroi n'intervient en effet pratiquement pas dans la valeur du frottement total à la paroi.

En revanche, du moins pour des liquides de viscosité élevée, la quantité de chaleur apportée à la paroi ne dépend pratiquemment que des phénomènes d'écoulement dans la couche laminaire, cette zone offrant à l'écoulement de la chaleur une *résistance thermique* notablement plus élevée que la zone turbulente, au sein de laquelle le gradient de température est pratiquement nul. L'étude expérimentale des coefficients de convection est donc susceptible de nous fournir une intéressante contribution à la recherche de la courbe des vitesses au voisinage de la paroi.

Nous avons apporté précédemment [1] au caclul du coefficient de convection, indiqué par Prandtl, des retouches importantes. Nous avons, en particulier, montré la nécessité de rétablir la continuité des dT/dy à la limite de la couche laminaire. En admettant, comme nous l'avons fait, qu'au voisinage de la paroi la loi de vitesses est fournie par l'intégration de Karman, ou, qu'en d'autres termes, le gradient de vitesses en régime turbulent est donné par la relation

$$\left(\frac{du}{dy}\right)_{\text{turb.}} = \frac{f}{\mu}\frac{\delta'}{y} \tag{1}$$

(f, frottement à la paroi; μ, viscosité; δ', distance à la paroi pour laquelle le frottement turbulent est égal au frottement laminaire), on arrive à une expression du coefficient de convection qui, pour les grandes viscosités, fournit des valeurs nettement plus élevées que les valeurs expérimentales; en outre, la courbe des vitesses au voisinage de la paroi, déduite de ces calculs, s'écarte notablement de la courbe expérimentale [2].

---

[1] G. Ribaud, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 460.

[2] Courbe déduite, en particulier, des mesures de Van der Hegge Zijnen le long d'un plan (*Thèse*, Delft, 1924).

On peut se proposer de rechercher si une loi de gradient des vitesses, différente de la formule (1), permet de mettre d'accord le calcul et l'expérience. Admettons, à cet effet, un gradient de la forme

$$(2)\qquad \left(\frac{du}{dy}\right)_{\text{turb.}} = \frac{f}{\mu}\left(\frac{\delta'}{y}\right)^n;$$

en conduisant les calculs de la même façon que dans notre précédente Note (mêmes notations), on obtient aisément les relations

$$\left(\frac{dT}{dy}\right)_{\text{turb.}} = \frac{Q}{C\mu}\left(\frac{\delta'}{y}\right)^n, \qquad T' - T'' = \frac{Q}{C\mu}\,\delta'\,\frac{1}{1-n}\left[1 - P^{\frac{n-1}{n}}\right], \qquad \frac{\delta'}{\Delta'} = P^{\frac{1}{n}},$$

et le coefficient de convection α prend pour valeur

$$\alpha = \frac{\dfrac{fC}{u_0}}{1 + \dfrac{u'}{u_0}\,\dfrac{n}{n-1}\left(P^{\frac{n-1}{n}} - 1\right)}.$$

Si l'on veut que cette expression traduise les résultats expérimentaux, il faut que l'exposant du nombre de Prandtl P soit voisin de 2/3, ce qui entraîne $n = 3$. L'expression numérique suivante ($u'/u_0 = 0,5$)

$$(3)\qquad \boxed{\alpha = \frac{\dfrac{fC}{u_0}}{1 + 0,75\left(P^{\frac{2}{3}} - 1\right)}}$$

traduit remarquablement les résultats expérimentaux, aussi bien dans le cas des gaz pour lesquels P est voisin de 1 que dans le cas des fluides visqueux (huiles) pour lesquels P dépasse 100.

On peut également rechercher la forme de la courbe de vitesses résultant de la formule (2). Pour cela il convient de superposer le frottement laminaire au frottement turbulent, ce qui revient à écrire

$$f = \mu\left[1 + \left(\frac{y}{\delta'}\right)^3\right]\frac{du}{dy}.$$

L'intégration de l'équation précédente fournit immédiatement

$$(4)\qquad \boxed{u = \frac{f\delta'}{\mu}\int_0^{\frac{y}{\delta'}} \frac{d\left(\frac{y}{\delta'}\right)}{1 + \left(\frac{y}{\delta'}\right)^3}}$$

Le tracé de cette courbe montre que, jusqu'à des valeurs de y/δ' de l'ordre de 3, l'accord avec l'expérience est pleinement satisfaisant. Si l'on précise que la valeur de δ' admise dans notre calcul est environ deux fois plus élevée que celle adoptée en général comme épaisseur de la couche laminaire secondaire ([3]), on voit que la courbe théorique déduite de l'expression 2, avec l'exposant n égal à 3, coïncide avec l'expérience jusqu'à des distances de la paroi de l'ordre de 5 fois l'épaisseur de la couche laminaire secondaire; elle s'étend en particulier à toute la zone, jusqu'ici mal précisée, de raccordement entre régime laminaire et régime turbulent pur; un tel accord peut être considéré comme pleinement satisfaisant.

Il reste entendu que, à des distances plus grandes de la paroi, pour lesquelles le frottement laminaire ne joue plus aucun rôle, la théorie et la formule de Karman, qui traduisent le frottement turbulent pur, conservent toute leur valeur.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Observations sur les déformations dans les copeaux provenant de l'usinage des métaux.* Note de MM. **Albert Portevin** et **Paul Bastien**, présentée par M. Léon Guillet.

L'étude systématique du copeau, entreprise, tant pour mieux connaître le mécanisme de l'usinage des métaux que pour y trouver des critères d'usinabilité ([1]), a été dès à présent l'occasion pour nous d'observer certaines particularités que nous pensons opportun de signaler.

Cette étude, à son stade initial, comportait l'examen de copeaux d'acier de grandes dimensions, en se plaçant successivement aux points de vue des aspects géométrique, macrographique, micrographique, micromécanique et radiospectrographique. Pour chaque copeau, les examens macrographiques et micrographiques comportaient l'étude : *a.* d'une coupe *longitudinale* faite suivant un plan perpendiculaire aux faces externe et interne du copeau; *b.* d'une coupe *transversale* faite parallèlement aux directions de glissement marquées sur la face interne du copeau et normalement à ses faces interne et externe; *c.* d'une coupe *médiane* faite à mi-distance des faces externe et interne du copeau parallèlement à leur direction moyenne.

([3]) Couche dans laquelle le gradient de vitesse est pratiquement constant.

([1]) Ce mot désigne *l'aptitude du métal à être travaillé à froid par enlèvement de matière à l'outil,* et il correspond aux termes *abhebende Bearbeitung* en allemand et *machinability* en anglais.

Les bords latéraux des copeaux peuvent, soit participer au plissement de la face interne, soit présenter des systèmes de fissures périodiquement distribuées, soit offrir une combinaison des deux modes de déformation. Cette fissuration périodique apparaît être un phénomène de rupture banale, fonction du rayon de courbure de la spirale d'enroulement du copeau et des caractéristiques du métal écroui. On doit noter, de plus, que l'outil, dans son action de coupe, produit sur le métal enlevé une compression longitudinale importante, de telle sorte qu'un élément de copeau a une longueur sensiblement inférieure à celle de la portion de métal dont il provient.

Les lignes de déformation du métal du copeau, mises en évidence par attaque macrographique (ou même micrographique, dans le cas d'un alliage à structure initiale rubannée), semblent sans relation directe immédiate avec les lignes de rupture précédentes : toutefois, une étude plus poussée de l'angle de leurs directions relatives conduit à penser qu'elles forment probablement deux systèmes conjugués de déformations banales et que la variation continue de cet angle est due à l'inégale compression entre l'extérieur et l'intérieur du copeau.

L'étude de copeaux usinés dans des aciers à structure initialement

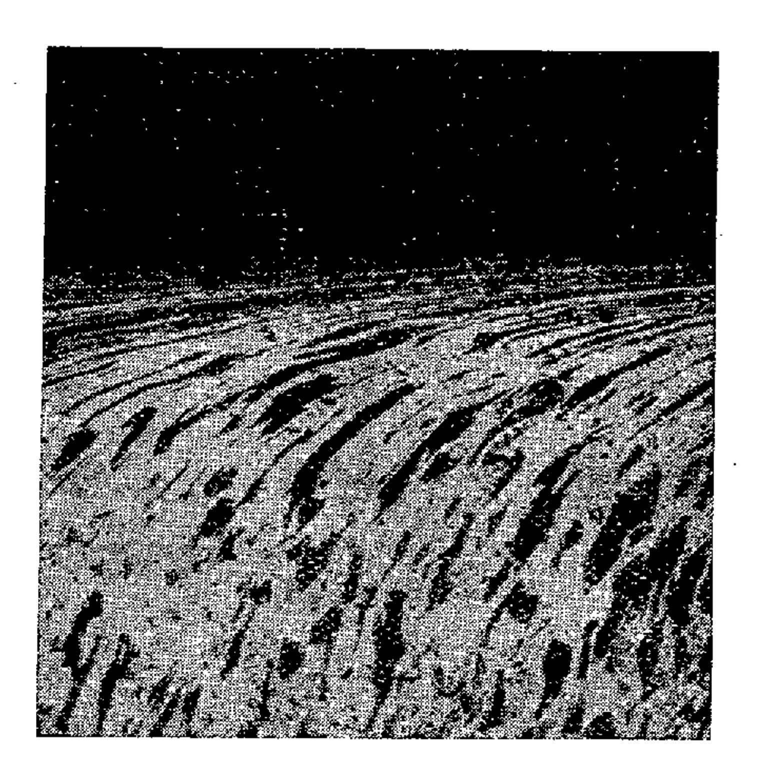


Fig. 1.

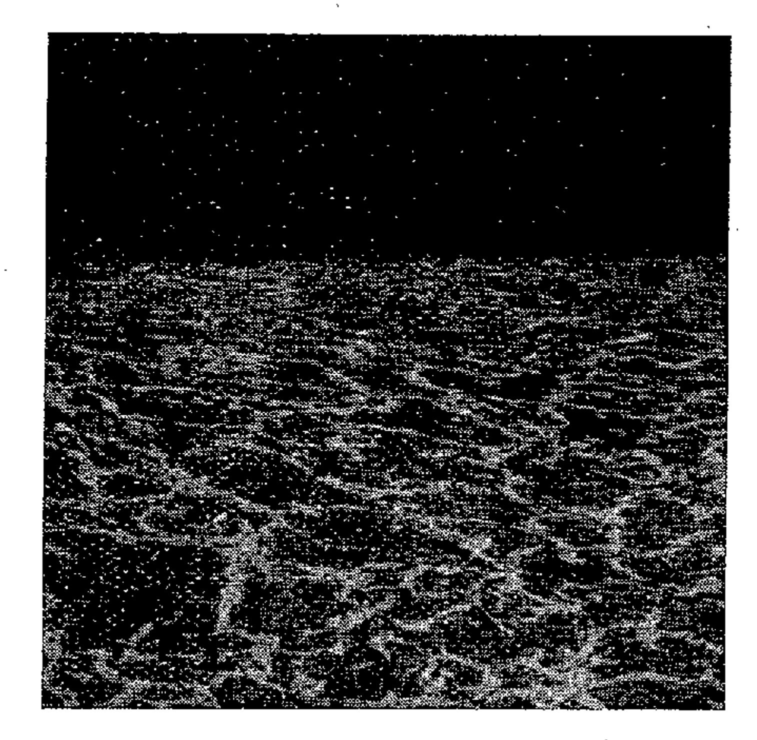


Fig. 2.

rubannée a montré : *a*. la déformation longitudinale accentuée (*fig.* 1) et l'écrasement (*fig.* 2) des grains de ferrite et de perlite dans le voisinage de la face ayant subi le contact de l'outil; *b*. l'existence de plissements en

accordéon dans toute l'épaisseur du copeau (*fig.* 3); *c.* l'existence, notamment dans les copeaux minces, d'enroulements à allure tourbillonnaire (*fig.* 4). Ces deux dernières observations nous semblent nouvelles.

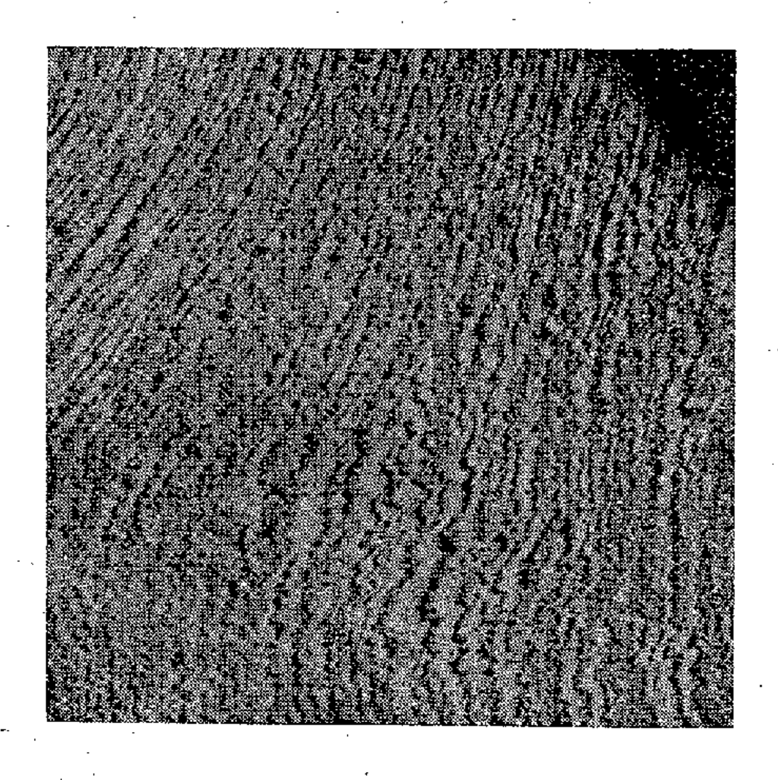


Fig. 3.

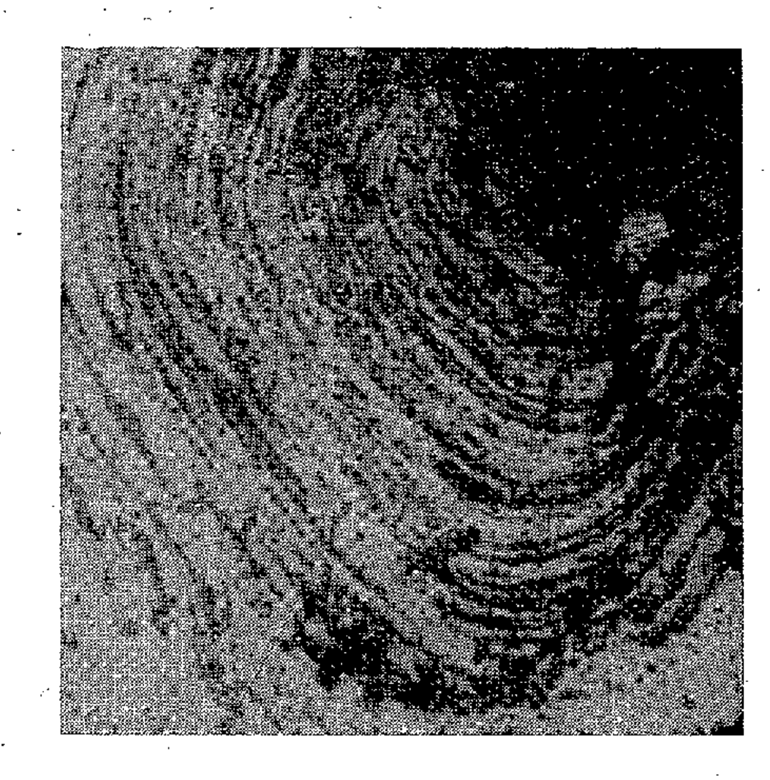


Fig. 4.

En ce qui concerne l'état d'écrouissage des copeaux, des mesures de microduretés, effectuées sur sections longitudinales et transversales, montrent qu'il y a un durcissement d'ensemble du copeau par rapport au métal initial. Bien que l'on puisse noter que les duretés les plus élevées correspondent à la face externe ayant subi l'action directe de la face d'attaque de l'outil, l'hétérogénéité de la dureté dans toute l'épaisseur du copeau, d'une manière générale, est faible.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les vibrations propres longitudinales de certaines paraffines.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour calculer les modes de vibration de telles substances, on les représente par une suite de particules identiques de masse m en ligne droite et équidistantes. Le problème ne semble pas avoir été traité dans toute sa généralité : ainsi Lennart Simons indique que le calcul des fréquences propres devient inextricable dès que le nombre des particules envisagées dépasse huit ([1]).

([1]) Lennart Simons, *Societas Scientiarum Fennica, Commentationes Physico-Mathematicæ*, 8, 1936, p. 295.

Envisageons un modèle de n masses identiques, équidistantes, liées élastiquement; les petits mouvements supposés longitudinaux des divers points sont régis par les équations suivantes, où K est une constante de liaison et $x_1, x_2, \ldots, x_n$ les petits déplacements des particules à partir de leurs positions d'équilibre :

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \frac{m}{K}\ddot{x}_1 + x_1 - x_2 = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{m}{K}\ddot{x}_k + 2x_k - x_{k-1} - x_{k+1} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \frac{m}{K}\ddot{x}_n + x_n - x_{n-1} = 0. \end{array}\right.$$

Cherchons des solutions de la forme $x_k = A_k e^{i\omega t}$; il vient

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{l} A_1\left(1 - \frac{m}{K}\omega^2\right) - A_2 = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_{k-1} + A_k\left(2 - \frac{m}{K}\omega^2\right) - A_{k+1} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ -A_{n-1} + A_n\left(1 - \frac{m}{K}\omega^2\right) = 0. \end{array}\right.$$

Faisons le changement de variable $x = (m/K)\omega^2 - 2$; on a

$$(3)\quad \left\{\begin{array}{l} A_1(x+1) + A_2 = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_{k-1} + A_k x + A_{k+1} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_{n-1} + A_n(x+1) = 0. \end{array}\right.$$

La condition de compatibilité de ces équations s'écrit

$$\begin{vmatrix} x+1 & 1 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & x & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & x & 1 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\ . & . & . & . & \ldots & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 1 & x & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 1 & x+1 \end{vmatrix} = 0.$$

Nous avons montré (²) que les racines de cette équation sont

$$x_k = 2\cos\frac{k\pi}{n} \qquad (k=1, 2, \ldots, n),$$

par suite

$$\omega_k = \sqrt{\frac{2K}{m}}\sqrt{1+\cos\frac{k\pi}{n}}.$$

Dans le cas de deux masses, la pulsation non nulle est

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}}.$$

Nous aurons donc, en fréquences, la relation générale

$$(4) \qquad \nu = \nu_0\sqrt{1+\cos\frac{k\pi}{n}} \qquad (k=1, 2, \ldots, n).$$

Pour $k=n$, $\nu=0$ et les particules se déplacent d'un mouvement d'ensemble. Il découle de (4) plusieurs conséquences intéressantes :

1° Les fréquences sont toujours comprises entre les limites 0 et $\sqrt{2K/m}$ vers lesquelles tendent les fréquences extrêmes de la chaîne quand n croît.

2° La différence entre deux fréquences successives diminue quand n augmente.

3° Pour une chaîne donnée, la différence de deux fréquences successives croît quand on va des fréquences élevées vers des fréquences plus basses.

Pour que les fréquences calculées soient actives dans l'infrarouge, il faut que $\sum_1^n A_k$ soit différent de zéro; les relations (3) montrent que l'on a toujours $\sum_1^n A_k = 0$; aucune fréquence ne serait donc active; le modèle sur lequel on raisonne étant trop simple (les molécules sont en réalité coudées), ce résultat est trop exclusif; pour la même raison nous trouverons un certain nombre de fréquences trop basses.

ν_0 peut être déterminé expérimentalement; (4) permet donc de calculer les fréquences propres d'une chaîne quelconque. Nous avons appliqué cette méthode à certaines paraffines étudiées, en effet Raman, par Kohlrausch et Köppl (³), et en infrarouge, par Lecomte (⁴); nous avons

(²) M. Parodi, *R. G. Électricité*, **27**, 11-12 mai 1940, p. 358.

(³) *Zeits. f. phys. Chem.*, B, **26**, 1934, p. 209.

(⁴) *Annales des Combustibles liquides*, nov.-déc. 1931, vi, p. 1001.

pris $\nu_0 = 990\,cm^{-1}$, qui correspond à la vibration longitudinale de $H^3C - CH^3$. Les résultats obtenus sont consignés ci-après.

	Indices des fréquences.								
Paraffines.		*c.*	*d.*	*e.*	*f.*	*g.*	*h.*	*k.*	Fréquences non classées.
$CH^3(CH^2)^7\,CH^3$									
obs. R.......	–	835	869	891	–	1068	1132	1300	calc. 244, 485, 1240, 1360
calculé.......	700	–	–	910	–	1070	–	1310	I. R. 774, 921, 962, 1042
obs. I. R.....	720	835	–	886	–	1062	–	–	
$CH^3(CH^2)^8\,CH^3$									
obs. R.......	–	820	–	895	–	1076	1136	1302	calc. 217, 436, 633, 1247, 1382 –
calculé.......	–	821	–	–	990	–	1128	1326	I. R. 720, 769, 921 – – –
obs. I. R.....	–	–	–	895	1000	1068	–	–	
$CH^3(CH^2)^9\,CH^3$									
obs. R.......	–	828	868	883	–	1074	1132	1300	calc. 198, 386, 574, 1342, 1386 –
calculé.......	752	–	–	910	–	1057	1178	1273	I. R. 720, 921, 1000 – – –
obs. I. R.....	769	–	–	895	–	1068	–	–	
$CH^3(CH^2)^{10}CH^3$									
obs. R.......	–	840	869	892	1030	1074	1132	1301	calc. 182, 351, 624, 1346, 1386, 1211
calculé.......	700	857	–	–	990	1059	–	1287	I. R. 768 – – – – –
obs. I. R.....	721	–	–	889	969	1066	–	–	

PHYSIQUE. — *Thermoélasticimètre enregistreur.* Note (¹) de MM. **Pierre Chevenard** et **Eugène Joumier**, présentée par M. Léon Guillet.

Les modules d'élasticité et leurs coefficients de température font partie des propriétés physiques des alliages les plus affectées par les transformations polymorphiques et les plus dominées par l'histoire thermique et mécanique des échantillons. La méthode d'analyse physicothermique fondée sur cette *exquise sensibilité* (selon le mot de M. Bouasse) s'est révélée féconde, comme le prouvent les résultats acquis dans l'étude des ferronickels réversibles (²). Dans l'industrie des alliages de précision, le contrôle de l'élinvar et des alliages à coefficient thermoélastique déterminé impose l'établissement de nombreux diagrammes *module-température*. D'où l'intérêt, à la fois scientifique et pratique, d'un appareil capable d'enregistrer de tels diagrammes.

(¹) Séance du 11 novembre 1940.

(²) Ch.-Ed. Guillaume, *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, **17**, 1927, p. 205; P. Chevenard, *ibid.*, p. 114.

Pour étudier la variation thermique du module, on utilise d'habitude une méthode dynamique, basée sur l'observation d'un chronomètre, d'un diapason ou d'un pendule de Coulomb à différentes températures. La construction par points d'un diagramme est facile et précise. Par contre l'enregistrement immédiat d'une courbe période d'oscillation-température se heurte à de grosses difficultés expérimentales, d'autant plus que la sensibilité doit rester parfaitement constante pendant les 8 ou 10 heures d'une expérience. Il a été trouvé préférable de recourir à une méthode *statique* qui consiste à enregistrer, en fonction de la température, les variations de la flèche élastique imposée à un ressort par une charge invariable.

Une telle méthode est très facile à mettre en œuvre. Pour enregistrer la courbe *flèche-température*, il suffit d'un seul miroir commandé à la fois par le dispositif mécanique et par un pyromètre à dilatation. Mais elle conduit à de fortes erreurs si la charge est appliquée en permanence, car la flèche élastique est affectée d'une déformation visqueuse et d'une dérive du zéro causée par la relaxation des tensions intérieures ([3]). La difficulté a été surmontée en faisant osciller la charge mécanique entre deux valeurs symétriques et parfaitement constantes.

Le thermoélasticimètre réalisé selon ce principe a été utilisé d'abord à l'étude du module de Coulomb. Un équipage portant le pyromètre à dilatation est librement suspendu au fil échantillon qui peut être chauffé par un petit four électrique. Des palettes immergées dans l'huile assurent l'amortissement. Un très petit aimant au nickel-aluminium, fixé à l'équipage, est placé dans le champ horizontal d'un aimant en U qui, entraîné par un moteur d'horlogerie, tourne autour de l'axe vertical de l'appareil à raison d'un tour par minute. Le fil d'essai se trouve ainsi sollicité par un couple sinusoïdal qui lui impose une fatigue inférieure à 0,1 kg : mm^2. Un dispositif compensateur rend les valeurs extrêmes de ce couple indépendantes de la température ambiante.

L'étalon du pyromètre est un fil d'alliage *pyros* semblable par ses dimensions au fil étudié, tendu tout près de ce fil et, par conséquent, soumis aux mêmes variations de température. Quand l'appareil fonctionne, la tache lumineuse projetée par le miroir subit les deux déviations rectangulaires de l'équipage et du pyromètre. La plaque sensible enregistre une sorte de sinusoïde dont les sommets seuls s'inscrivent nettement sous forme de points rapprochés. Les deux courbes, lieux de ces points, tendent à

([3]) M. Bonzel, *Revue de Métallurgie*, **34**, 1937, p. 372.

converger ou à diverger, selon que le module du fil étudié croît ou décroît avec la température.

En réalité, pour accroître la sensibilité, on a muni l'équipage de deux miroirs formant entre eux un angle tel que les deux courbes extrêmes se placent l'une près de l'autre sur le cliché (*fig.* 1). L'élongation de l'équipage à une température Θ a donc pour mesure le segment α_Θ compris entre les deux courbes, majoré d'une quantité constante A proportionnelle à l'angle des miroirs. D'où, pour la variation relative du module de Coulomb avec la température,

$$\frac{\mu_\Theta}{\mu_0} = \frac{A + \alpha_0}{A + \alpha_\Theta}.$$

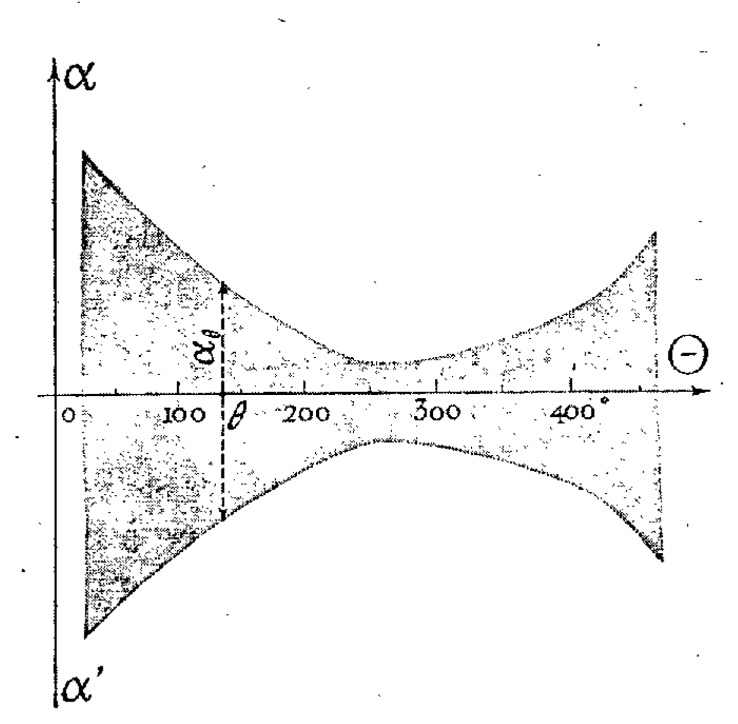


Fig. 1.

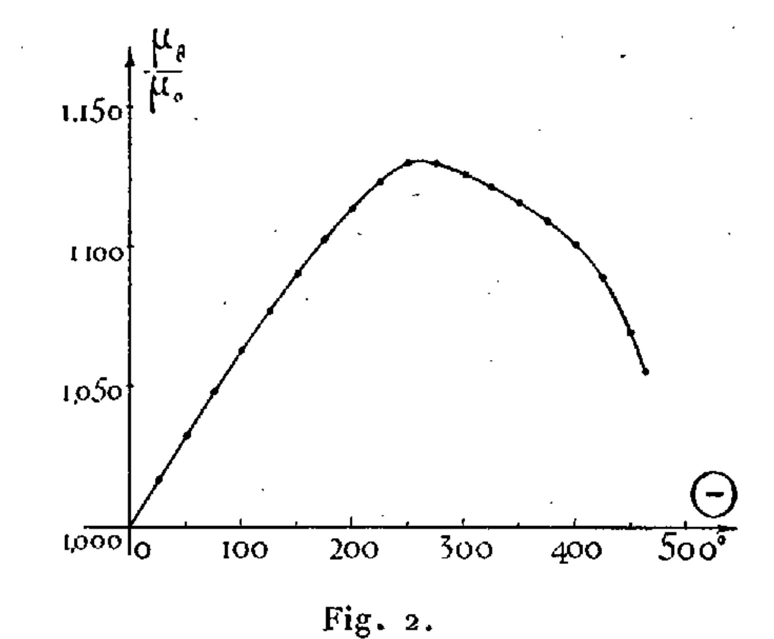


Fig. 2.

La figure 1 représente la double courbe obtenue avec un fil d'invar recuit à 475° après tréfilage, et la figure 2 la courbe du rapport μ_Θ/μ_0 restituée à partir de la première. Le diagramme enregistré fait saisir d'un coup d'œil l'allure de la courbe restituée, dont la construction est le plus souvent inutile. On voit en effet sur la figure 1 les particularités bien connues [1] de l'anomalie thermoélastique de l'invar : croissance thermique du module dans le domaine de l'état ferromagnétique, décroissance au delà du point de Curie situé vers 250°, diminution accélérée à partir de 400° qui est le seuil des phénomènes visqueux. Or ce coude de 400° coïncide avec la rapide ascension du frottement interne, mesuré par le

---

[1] Ch.-Eug. Guye et H. Woelfle, *Archives des Sciences physiques et naturelles*, juillet et août 1907.

décrément d'un pendule de Coulomb. On retrouve ainsi la preuve que le frottement interne, au delà de la température de rapide croissance, a pour cause principale la relaxation visqueuse du couple créé par la torsion au cours de l'oscillation (⁵).

L'appareil décrit sert également à l'étude du module d'Young : l'échantillon est un fil enroulé en hélice et l'équipage est supporté par un fil de tungstène long et fin dont la torsion est négligeable.

ÉLECTRICITÉ. — *Deux méthodes pour mesurer la résistance intérieure d'un accumulateur*. Note (¹) de M. **Georges Ney**, présentée par M. Aimé Cotton.

La force électromotrice d'un accumulateur dépend de l'intensité débitée; donc, parmi les méthodes qui utilisent la loi d'Ohm, il faut préférer celles qui déterminent directement la chute de tension interne, c'est-à-dire la variation instantanée de tension aux bornes lors de la coupure du circuit de charge. On a $E - U = xI$ (E, force électromotrice; U, tension aux bornes; x, résistance intérieure; I, courant débité). Cette variation de tension peut être enregistrée à l'oscillographe cathodique par l'intermédiaire d'un amplificateur à résistances, ou bien déterminée à l'aide d'un galvanomètre balistique en série avec une capacité C branchés aux bornes de l'accumulateur. Le balistique donne $C(E - U) = CxI$. Les mesures faites au pont en courant alternatif de fréquence musicale ne sont pas suffisamment précises. La résistance d'un conducteur à trois dimensions est assez mal définie et l'égalité des résistances de deux accumulateurs en courant alternatif n'entraîne pas la même égalité en courant continu.

1° J'emploie d'abord une méthode d'opposition (voir *fig.* 1). A l'aide du rhéostat Rh on règle le courant I à la valeur voulue. On prend $r_1 = r_2$, on ferme l'interrupteur K′ et on réalise l'opposition en agissant sur r_1. En ouvrant l'interrupteur K, il apparaît dans le circuit du galvanomètre G une tension $xI = E - U$, débitant sur une résistance totale $R = g + (r_1 r_2)/(r_1 + r_2)$ en négligeant les résistances de A et de A′ (batterie de deux accumulateurs) et celle des connexions ($r_1 + r_2 = 4000\,\Omega$

(⁵) P. Chevenard, *Symposium on effect of temperature on metals* (*Meeting of ASME and ASTM*, Chicago, 1931, p. 263).

(¹) Séance du 25 novembre 1940.

environ pour un galvanomètre Deprez d'Arsonval courant). Soient α l'élongation (il ne faut pas tenir compte du déplacement lent du spot qui

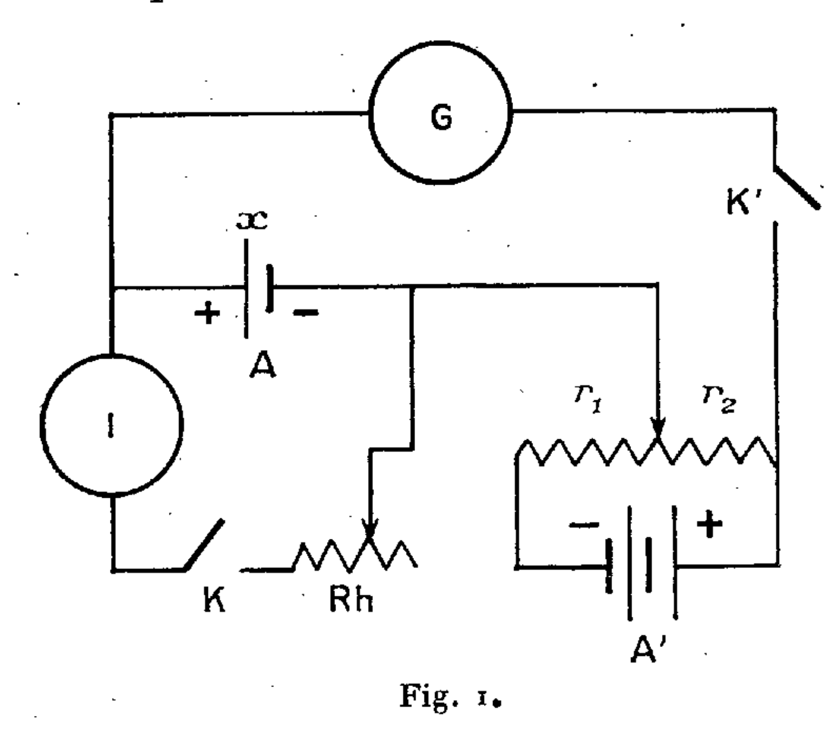


Fig. 1.

la suit et qui est dû au rétablissement progressif de la f. é. m.), k la constante du galvanomètre, le courant i qui le traverse est

$$i = \frac{\alpha}{k} = \frac{E - U}{R} = \frac{xI}{R}, \qquad \text{d'où} \qquad x = \frac{\alpha R}{kI}.$$

2° J'emploie aussi une méthode de faux zéro appliquée au pont double de Lord Kelvin (voir *fig.* 2). On sait que lorsque la condition $x/r = m/n = o/p$

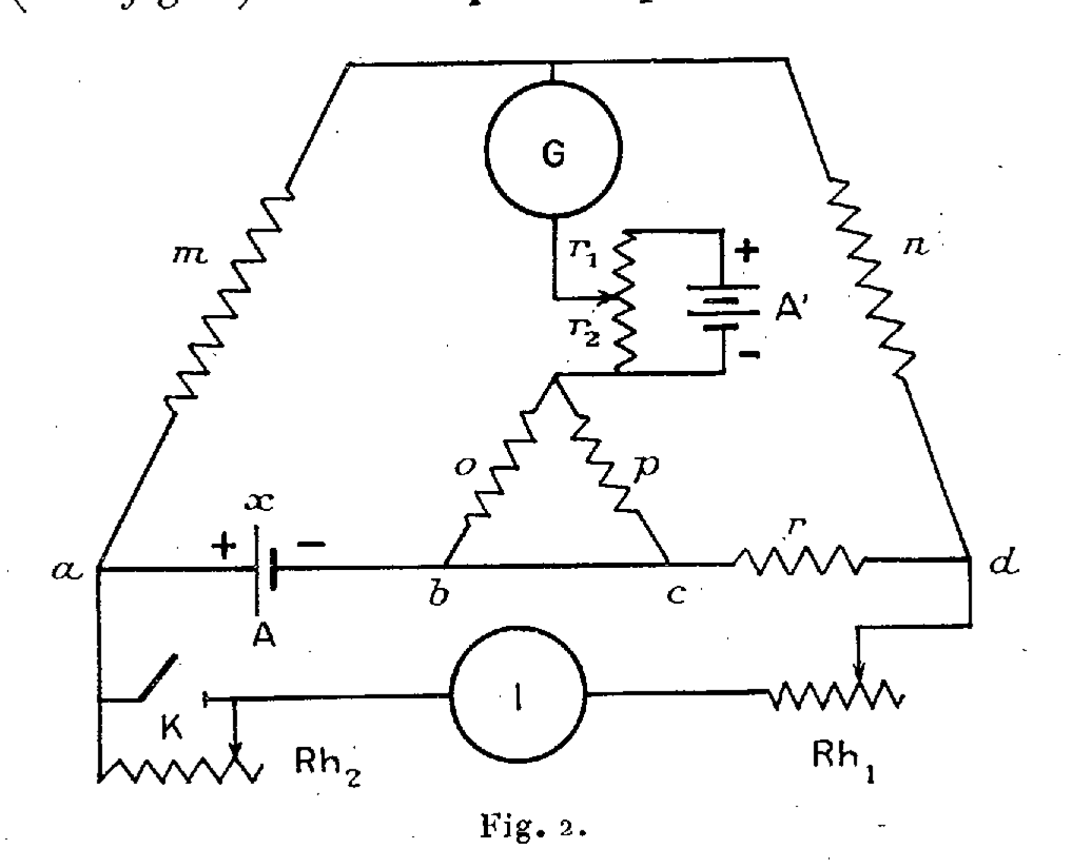


Fig. 2.

est réalisée, les diagonales sont électriquement indépendantes, on peut donc fermer ou ouvrir K sans changer le courant dans le galvanomètre.

Si le courant I dans le circuit principal subit une variation brusque ΔI, la déviation du spot qui en résulte est due :

1° aux courants de self-induction (donnant lieu à une déviation permanente nulle);

2° au déséquilibre du pont;

3° à la variation de la force électromotrice provenant du changement de régime.

Ce qu'on observe pratiquement, c'est une élongation rapide suivie d'un mouvement de retour (1er effet), un arrêt du spot qui ne coïncide pas avec sa position initiale (faux zéro) si le pont est déséquilibré (2e effet), un déplacement lent (3e effet).

Pour que l'arrêt soit bien marqué, on opère en régime oscillatoire très amorti, la résistance shuntant le galvanomètre doit être supérieure à la résistance critique. On constate d'ailleurs que, même en régime peu amorti, l'arrêt se fait au même endroit après quelques oscillations.

Mode opératoire. — Le dispositif potentiométrique, comprenant la batterie de deux accumulateurs A′ débitant sur deux résistances r_1 et r_2 en série, sert à maintenir le faux zéro au milieu de l'échelle. On prend constamment $m = o$, $n = p$.

La mesure consiste à produire par la manœuvre de l'interrupteur K une variation de courant ΔI à partir d'une valeur I choisie et à agir sur $n (= p)$ jusqu'à ce que l'arrêt du spot coïncide avec le faux zéro. ΔI ne doit pas dépasser le tiers environ du débit normal. La force électromotrice est susceptible de très faibles variations pendant la lecture, ce qui oblige à produire la même variation ΔI de part et d'autre de I et à prendre la moyenne des valeurs correspondantes de x.

Voici quelques mesures concernant un accumulateur de 30 AH (débit normal 3 amp.) avec $m = o = 200\,\Omega$ $r = 0,1\,\Omega$ $r_1 + r_2 = 4000\,\Omega$.

	A vide.		Pour I = 3 amp. (I = Débit normal/3 = 1 amp.).					
ΔI amp...	+1.	+1,5.	−0,5.	+0,5.	−1.	+1.	−2.	+2.
$n\Omega$.......	2130±20	2130±15	3200±40	3240±40	3180±30	3270±30	3170±20	3360±20
$x\ 10^{-3}\Omega$...	9,38	9,38	6,25	6,17	6,28	6,12	6,32	5,96
$x_{moy.}10^{-3}\Omega$.	9,38		6,21		6,20		6,14	

Erreur commise sur la mesure de x. — En désignant par ρ la résistance de la connexion bc, on a

$$x = \frac{m}{n} r + \left(\frac{m}{n} - \frac{o}{p}\right) \frac{p\rho}{o + p + \rho}.$$

En posant $A = p\rho / r(o + p + \rho)$; ε_c = erreur de construction sur les résistances m, n, o, p (ici 1/500), ε_d = erreur de détermination sur $n (= p)$ (toujours inférieure à 1 %),

on a

$$\frac{\delta x}{x} = \frac{\delta r}{r} + (\varepsilon_d + 2\varepsilon_c)(1 + 2\mathrm{A}).$$

Pour l'accumulateur précédent à vide, $\mathrm{A} = 4{,}6.10^{-2}$ avec $\rho = 0{,}005\,\Omega$, ce qui donne $\delta x / x = 1{,}7\,\%$.

OPTIQUE. — *Dispersion rotatoire du quartz.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les formules les plus récentes de dispersion rotatoire du quartz sont celles de Lowry et Coode-Adams (1927) (1) et de Bradshaw et Livens (1929) (2).

La première est de la forme de Drude

$$\rho = \frac{\mathrm{A}_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{\mathrm{A}_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} + \mathrm{A}_3$$

(où ρ désigne le pouvoir rotatoire pour la longueur d'onde λ). Elle est valable jusqu'à 2200 Å vers les courtes longueurs d'onde. La deuxième (justifiée par des considérations théoriques, reprises d'ailleurs par Born) est d'une forme différente :

$$\rho = \frac{\mathrm{A}_1}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{\mathrm{B}_1}{(\lambda^2 - \lambda_1^2)^2} + \frac{\mathrm{A}_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} + \frac{\mathrm{B}_2}{(\lambda^2 - \lambda_2^2)^2} + \frac{\mathrm{A}_3}{\lambda^2 - \lambda_3^2} + \frac{\mathrm{B}_3}{(\lambda^2 - \lambda_3^2)^2}.$$

Elle est valable jusqu'à 1850 Å.

Mais ces formules ne s'appliquent plus de façon satisfaisante (écarts atteignant 2 et 3 %) à l'ultraviolet de Schumann, où mes mesures (3) ont mis en évidence un accroissement considérable du pouvoir rotatoire. Elles sont donc à modifier. Bien qu'une telle révision reste nécessairement semi-empirique, il m'a paru intéressant de l'entreprendre.

Je suis arrivé à la formule suivante, du type de Drude (à deux termes) :

$$\rho = 10^4 \frac{10^{-6}\lambda_\mu^2 + 0{,}515}{13{,}956.10^{-12}\lambda_\mu^4 - 17{,}639.10^{-6}\lambda_\mu^2 + 2{,}076},$$

valable de 7000 Å à 1500 Å.

(1) *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A, **226**, 1927, p. 391.

(2) *Proceedings of the Royal Society of London*, A, **122**, 1929, p. 245.

(3) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 283 et *Annales de Physique*, **12**, 1939, p. 397.

Dans cette formule, ρ représente le pouvoir rotatoire en degrés par millimètre et λ_v la longueur d'onde par rapport au vide, exprimé en Å.

Les écarts entre valeurs observées et valeurs calculées sont toujours inférieurs à 2,5 °/₀₀, et *l'écart moyen est de* 1,3 °/₀₀, comme le montre le tableau suivant :

λ_v.	ρ observé.	ρ calculé.	Écart °/₀₀.	λ_v.	ρ observé.	ρ calculé.	Écart °/₀₀.
7000.....	15,13	15,16₅	+2,3	2000.....	291,3₅	291,6	+0,9
6000.....	20,93	20,92	−0,5	1950.....	315,5	315,6	+0,3
5000.....	30,86	30,80	−1,9	1850.....	374,0	374,4	+1,1
4000.....	50,26	50,16	−2,0	1750.....	453,5	453,1	−0,9
3000.....	97,72	97,71	−0,1	1650.....	564,5	563,1	−2,5
2500.....	154,60	154,81	+1,4	1550.....	724,0	724,8	+1,1
2250.....	205,9	206,2	+1,5	1525.....	776,0	777,5	+1,9

On remarquera que la formule fait intervenir les longueurs d'onde *par rapport au vide*. Il était nécessaire de les utiliser pour traduire les résultats dans la région de Schumann, et j'en ai étendu l'emploi à l'ultraviolet proche et au spectre visible, comme il est logique de le faire.

Cette formule conduit à attribuer aux *longueurs d'onde propres* du quartz les valeurs $\lambda_1 = 1064$ Å et $\lambda_2 = 362$ Å.

OPTIQUE. — *Indépendance des diverses actions accélératrices sur la phosphorescence; possibilité d'états activés distincts.* Note de M. **Georges Destriau**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que, lorsqu'une substance phosphorescente, préalablement irradiée aux rayons de courte longueur d'onde, puis maintenue à l'obscurité jusqu'à disparition de toute luminescence visible, est exposée aux rayons de grande longueur d'onde (proche infrarouge), on observe une recrudescence lente de luminosité; la luminescence de la plage renforcée évoluant d'ailleurs lentement après extinction du faisceau infrarouge. On obtient un résultat identique par une simple élévation de température. Enfin, si après les mêmes traitements préalables (excitation puis séjour à l'obscurité) on soumet la substance à l'action d'un champ électrique, de préférence alternatif et suffisamment intense, on observe une luminescence fugace extrêmement vive, mais très brève.

On pourrait penser que ces trois phénomènes seraient en quelque sorte connexes et témoigneraient de la persistance dans la substance d'un même

état de luminescence latente qui pourrait être décelé, soit avec une intensité modérée, mais une persistance assez grande par l'action des rayons infrarouges ou d'une élévation de température, soit avec une intensité très grande, mais une durée brève par l'action du champ électrique; la *somme de lumière* étant la même dans les trois cas.

S'il en était ainsi, en faisant agir successivement dans un ordre quelconque ces divers agents accélérateurs, on ne devrait observer de recrudescence de luminescence que lors de la première application de l'un de ces trois facteurs. Or, s'il est vrai qu'une irradiation infrarouge même brève ou le maintien à température élevée de la substance annihilent facilement toute action postérieure du champ, l'inverse n'est pas vrai. Même après une longue application du champ, et malgré la luminescence spontanée extrêmement vive au début qui en résulte, les actions renforçatrices des rayons infrarouges ou de l'élévation de température peuvent se manifester postérieurement sans nouvelle excitation et sans diminution apparente d'intensité.

Pareillement, si la thermoluminescence est extrêmement sensible et peut être considérablement réduite ou même totalement disparaître après l'action même momentanée des rayons infrarouges, par contre l'effet accélérateur des rayons infrarouges peut encore se manifester après une élévation de température suffisante et suffisamment prolongée pour ne plus laisser trace de thermoluminescence visible. A vrai dire on peut arriver à la longue à supprimer l'action renforçatrice infrarouge par un séjour très prolongé à température élevée, mais la difficulté qu'on rencontre pour insensibiliser ainsi la substance aux rayons infrarouges contraste singulièrement avec la facilité suivant laquelle les rayons infrarouges éteignent la thermoluminescence. Pour insensibiliser totalement la substance à l'action postérieure des rayons I-R, il est nécessaire de prolonger le séjour à température élevée (200° environ) bien au delà après la disparition complète de toute thermoluminescence résiduelle.

De plus, la substance ayant toujours subi les mêmes traitements (excitation aux courtes longueurs d'onde, puis séjour dans l'obscurité jusqu'à disparition de toute luminescence visible), on observe que la plage renforcée par l'action des rayons infrarouges, insensible à l'action du champ, est très sensible à l'action de la température qui en accroît l'éclat tout en abrégeant la durée. Pareillement l'action renforçatrice du champ électrique ne semble pas affecter la luminescence visible, l'illumination fugace due au champ (lorsque ce dernier est appliqué avant extinction complète de la

substance) ne paraissant pas modifier la loi de décroissance de la phosphorescence visible.

En résumé tout se passe comme si l'irradiation aux rayons de courte longueur d'onde était susceptible d'amener les centres luminogènes à des états activés de diverses sortes, appartenant à deux catégories distinctes :

1° Les états activés *de courte durée* responsables de la phosphorescence visible, sensibles à l'action de la température, insensibles à l'action des champs électriques et dont le retour à l'état normal peut s'effectuer sans émission de lumière sous l'action des rayons I-R (effet extincteur).

2° Les états activés *de longue durée* se subdivisant eux-mêmes en trois classes différentes :

a. Les états pour lesquels le retour à l'état normal avec émission de lumière ne peut s'effectuer que sous la seule action des rayons I-R; le champ ou le traitement thermique étant sans action sur eux.

b. Les états dont le retour à l'état normal avec émission de lumière ne peut être réalisé que par l'action d'une élévation de température, le champ électrique étant sans action sur eux, mais ces états pouvant être désactivés sans émission de lumière sous l'action des rayons I-R.

c. Les états dont le retour à l'état normal avec émission de lumière peut être réalisé soit progressivement par une élévation de température, soit presque instantanément par l'action d'un champ électrique. Ces centres peuvent être eux-mêmes désactivés sans émission de lumière par l'action des rayons I-R.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Applications optiques des matières organiques transparentes.* Note de MM. **Georges-Albert Boutry** et **Jacques Doucerain**, transmise par M. Charles Fabry.

Les propriétés optiques remarquables de certaines matières organiques transparentes (*résines synthétiques* ou *verres organiques*) ont suscité, au cours des dernières années, assez d'intérêt pour qu'en divers pays on ait tenté à différentes reprises de les mouler en forme de lentilles et de prismes.

Nous avons pu réussir, à partir de dérivés acryliques, à confectionner par moulage direct des lentilles atteignant jusqu'à 7^{cm} de diamètre. Le poli des surfaces reproduit fidèlement celui qu'on a donné aux faces du moule utilisé. La transparence est au moins égale à celle d'un crown léger. L'homogénéité de la substance est assez parfaite pour que son indice de

réfraction moyen n_D soit défini à 0,00004 près en général. L'aberration principale de sphéricité est du même ordre que celle que fournissent des lentilles de verre de même forme exécutées avec la même précision. Les qualités des éléments obtenus au cours de ces premiers essais sont déjà supérieures à celles des meilleurs verres employés actuellement en lunetterie.

Les biréfringences accidentelles dues à des tensions résiduelles établies dans la matière en cours de fabrication sont négligeables tant que les épaisseurs restent faibles. Elles apparaissent quand l'épaisseur atteint 4^{mm} et deviennent gênantes vers 10^{mm}.

Il faut tenir compte, quand on envisage l'emploi de ces lentilles, des inconvénients qu'elles présentent : la dureté superficielle est faible et le poli ne se conserve longtemps parfait qu'à condition d'user de précautions dans la manipulation des pièces; le coefficient de dilatation de la matière est presque dix fois plus grand que celui du verre et il existe un point de transformation vers 120°; ces deux faits interdisent l'emploi de ces lentilles à densité d'énergie très élevée (dans des lanternes de projection, par exemple).

Par contre, on peut leur donner des qualités qu'il est impossible d'atteindre avec des verres normaux. C'est ainsi qu'il nous a été possible de préparer et de reproduire, à partir de dérivés acryliques, des séries d'échantillons dont les coefficients

$$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$$

varient régulièrement entre 67 et 41, alors que les indices moyens se maintiennent entre 1,490 et 1,510. Ces caractéristiques ne se retrouvent pas chez les verres minéraux existants. Il paraît possible d'étendre encore le domaine de variation de ν du côté des fortes dispersions, réalisant ainsi des matières présentant l'indice d'un fluor-crown ou d'un crown très léger avec la dispersion d'un flint extra-dense. Des applications possibles sont évidentes et les recherches continuent dans cette voie.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage d'une acidité organique en présence d'un mélange d'acides periodique et iodique.* Note de M. **Georges Arragon**, présentée par M. Maurice Javillier.

La titration de l'acidité formée au cours de la réaction d'oxydation de certaines substances organiques par une solution d'acide periodique

présente quelques difficultés. Si le schéma d'une telle oxydation peut être représenté suivant la réaction [1] $IO^4H = IO^3H + O$, l'acidité organique pourrait, théoriquement, être titrée directement; mais un dosage direct indique que l'acidité du milieu diminue en fonction de l'acide periodique disparu. Il convient donc d'éliminer et de doser les acides periodique et iodique avant d'obtenir l'acidité formée au cours de la réaction.

L'élimination et la titration préliminaires des acides periodique et iodique sont effectuées suivant les réactions classiques de l'iodométrie. En présence d'un excès convenable d'acide titré et d'une solution d'iodure de potassium, nous avons, pour l'acide periodique,

$$IO^4H + 7KI + 3H^2O = 7KOH + 8I;$$

pour l'acide iodique,

$$IO^3H + 5KI + 2H^2O = 5KOH + 6I.$$

Les dosages des quantités d'iode libéré dans le témoin avant la réaction et dans le milieu de la réaction permettent de calculer la quantité d'acide periodique restant en excès et celle d'acide iodique formé, par suite, de calculer les quantités de potasse correspondantes. Après ces dosages de l'iode par une solution d'hyposulfite de sodium, on titre l'excès d'acide par une solution de potasse. La différence entre le bilan des quantités de potasse mises en jeu et la quantité d'acide introduite nous donne la quantité d'acide organique formée au cours de la réaction.

Nous avons appliqué cette technique à la mesure de l'acidité développée au cours de la réaction de l'acide periodique sur l'acide tartrique. Suivant l'étude faite par MM. Fleury et Lange [2] et M^lle^ Bon-Bernatets [3], l'acide tartrique est oxydé suivant la réaction

$$CO^2H-(CHOH)^2-CO^2H + O = 2HOC-CO^2H.$$

Dans une réaction secondaire, l'acide glyoxylique est oxydé lui-même, bien qu'assez lentement, en sorte que la réaction totale d'oxydation est

$$CO^2H-(CHOH)^2-CO^2H + 3O = 2HCO^2H + 2CO^2.$$

Quel que soit donc le stade de la réaction, on doit toujours retrouver la même quantité d'acide organique, l'acide tartrique diacide donnant

(1) MALAPRADE, *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1934, p. 833.
(2) *Journ. Pharm. et Chim.*, 27, 1933, p. 313.
(3) *Journ. Pharm. et Chim.*, 23, 1936, p. 85.

toujours 2^mol^ d'acide. Les proportions d'acide periodique et iodique sont, au contraire, variables à chaque instant de la réaction.

Technique. — 150^{mg} d'acide tartrique (1/1000^{e} de molécule) sont dissous dans 50$^{cm^3}$ d'acide periodique libre M/10 (en oxygène) préparé à partir du periodate de baryum [1]. On abandonne la solution à la température ordinaire. Les dosages sont faits sur des prélèvements de 10$^{cm^3}$ (30^{mg} d'acide tartrique), auxquels on ajoute 5$^{cm^3}$ d'iodure de potassium à 20 %, 75$^{cm^3}$ d'une solution d'acide chlorhydrique *n*/10; on titre l'iode libéré par une solution d'hyposulfite de sodium *n*/10 jusqu'à décoloration complète, puis l'excès d'acide par une solution de potasse *n*/10 en présence de phtaléine du phénol.

On obtient ainsi les chiffres suivants :

	Témoin.	0 heure.	1 heure.	48 heures.
$S_2O_3Na_2$ cm³.....	V 80,4	V_1 80,4	V_2 75,6	V_3 68,5
KOH »	N 5,0	N_1 9,1	N_2 13,8	N_3 21,0

Les différences $(V - V_n)/2$ indiquent les quantités d'acide iodique formé, donc celles d'oxygène consommé (il faut 2 atomes d'iode pour 1 atome d'oxygène, d'où le facteur 1/2); rapporté à une molécule d'acide tartrique (à 150^{mg}), le nombre d'atomes d'oxygène est exprimé par la formule générale $(V - V_n)/4$.

Calcul de l'acidité résiduelle du témoin. — D'après les équations de l'iodométrie, la potasse libérée par l'acide periodique : $V.7/8^{cm^3}$; la quantité de potasse versée à la burette : n^{cm^3}; l'acidité résiduelle : $V.7/8 + n - 75 = p^{cm^3}$ d'acide.

On trouve 0$^{cm^3}$,4 (cette quantité devrait être nulle si l'acide periodique ne renfermait pas de trace d'acide sulfurique provenant de sa préparation. Cette quantité devra être ajoutée à celle de l'acide mis en jeu, soit $75,0 + 0,4 = 75^{cm^3},4$).

Calcul de l'acidité de la réaction, rapportée à 150^{mg} *d'acide tartrique.* —

Nombre de cm³ de potasse correspondant à l'acide iodique, $[(V - V)/4]\,5 = q_n$.
Nombre de cm³ de potasse correspondant à l'excès d'acide periodique

$$\left(\frac{V_n}{2} - \frac{V - V_n}{4}6\right)\frac{7}{8} = q'_n,$$

acidité en cm³, $N/10 = q_n + q'_n - 75,4 = X$.

Ce chiffre représente, en même temps, le nombre de molécules d'acide organique formé par molécule d'acide tartrique mise en jeu.

---

[1] Jackson et Hudson, *J. Am. Chem. Soc.*, **59**, 1937, p. 994.

Nous avons ainsi les résultats suivants :

Temps.	Oxygène consommé.	Acides organiques.
	mol	mol
o heure	o	2,05
1 »	1,2	1,98
48 »	2,98	2,02

Un dosage d'acide volatil par entraînement, après une oxydation de 48 heures, permet de retrouver $1^{mol},98$ d'acide formique (théorique 2,0).

Ces résultats confirment pleinement l'exactitude de la méthode de titrage acidimétrique. Son intérêt est d'offrir un moyen général de titrage de l'acidité formée au cours de l'oxydation periodique de nombreux principes organiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation éthylénique de quelques alcools secondaires aliphatiques par le sulfate de cuivre anhydre.* Note de M. **Marcel Tuot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit [1] une méthode de déshydratation des alcools tertiaires conduisant à des hydrocarbures éthyléniques purs, comme l'ont révélé les déterminations des spectres de diffusion (effet Raman) et d'absorption infrarouge [2].

Cette Note a pour objet l'étude d'un certain nombre d'alcools secondaires : heptanol-4, méthyl-2-hexanol-5, octanol-4, méthyl-2-heptanol-3, méthyl-2-heptanol-4, diméthyl-2.5-hexanol-3, nonanol-3, méthyl-2-octanol-4, méthyl-2-octanol-5, diméthyl-2.6-heptanol-3, diméthyl-2.6-heptanol-4, diméthyl-2.7-octanol-4. Ces alcools ont été déshydratés en système continu suivant la technique déjà indiquée [1].

Nous avons choisi des composés de structure nettement différente de façon à étudier : *a.* l'influence des ramifications sur l'évolution de la déshydratation; *b.* la possibilité de préparation de carbures éthyléniques purs à partir de cette catégorie d'alcools.

On sait, en effet, que l'obtention de ces dérivés à l'état pur offre de

(1) Meyer et Tuot, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1231.

(2) A. Andant, P. Lambert et J. Lecomte, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 391.

grandes difficultés par la présence possible, au cours de leur élaboration, des phénomènes de transposition moléculaire, de polymérisation, de réarrangement, etc.

Les produits de déshydratation obtenus ont été soigneusement fractionnés et rectifiés. L'identification des carbures a été faite en soumettant les composés à l'action oxydante de l'acide chromique en milieu acétique; les cétones et les acides gras formés ont été caractérisés, outre leurs constantes physiques, par les semicarbazones ou les sels d'argent.

Cette étude a conduit aux conclusions suivantes :

1° *Cas des chaînes linéaires.* — La double liaison apparaît du côté où la chaîne est la plus courte par rapport à la fonction alcool, ainsi que le montrent l'octanol-4 et le nonanol-3. A côté, il se forme un peu de l'isomère de position, mais la rectification effectuée sur une quantité convenable de liquide permet la séparation du produit principal à l'état pur, ce que vérifie l'analyse spectrale.

2° *Cas des chaînes ramifiées.* — Lorsqu'il existe un atome de carbone tertiaire en position α, la déshydratation se produit presque exclusivement aux dépens de ce carbone tertiaire. Exemples : méthyl-2-heptanol-3, diméthyl-2.5-hexanol-3, diméthyl-2.6-heptanol-3.

Avec un seul atome de carbone tertiaire situé en position β, γ etc., la déshydratation respecte toujours, le cas échéant, le groupement méthylénique voisin du carbone tertiaire. En même temps, il y a formation d'une faible quantité du carbure éthylénique obtenu par migration de la double liaison sur le carbone tertiaire. Exemples : méthyl-2-hexanol-5, méthyl-2-octanol-4, méthyl-2-octanol-5.

En présence d'une fonction alcoolique située entre deux atomes de carbone tertiaires (sauf en position α), la déshydratation éthylénique normale aux dépens d'un carbone voisin de celui porteur de l'hydroxyle n'a lieu que dans une faible proportion. L'hydrocarbure éthylénique formé est surtout le composé résultant d'une migration, la double liaison venant se placer sur le carbone tertiaire le plus voisin de la fonction alcoolique. Dans ce cas, la transposition moléculaire l'emporte nettement sur la réaction normale. Exemples : diméthyl-2.6-heptanol-4, diméthyl-2.7-octanol-4.

L'analyse chimique ne permettant pas le dosage quantitatif, nous avons eu recours à l'analyse spectrale pour la détermination du degré de pureté des carbures ainsi isolés. L'examen physique est poursuivi.

Nous avons obtenu les carbures éthyléniques suivants ([3]) :

	Ébullition.			
	Pression.	Temp.	d_{20}^{20}.	n_D^{20}.
Heptène-3*	739	94	0,7020	1,4035
Méthyl-2-hexène-2	746	93	0,7115	1,4110
Méthyl-2-hexène-4	739	89	0,6996	1,4022
Octène-3	742	120	0,7305	1,4140
Méthyl-2-heptène-2*	745	119	0,7406	1,4159
Méthyl-2-heptène-4	734	113	0,7256	1,4114
Diméthyl-2.5-hexène-2	733	110,5	0,7265	1,4135
Nonène-2*	739,5	145	0,7407	1,4201
Méthyl-2-octène-4	739,4	138	0,7392	1,4181
Diméthyl-2.6-heptène-2	739	129,5	0,7378	1,4186
Diméthyl-2.7-octène-2	738,4	154	0,7502	1,4224

En résumé, cette étude montre que la déshydratation des alcools secondaires dépend essentiellement de la structure moléculaire et que l'on peut obtenir des carbures purs avec les alcools à chaîne linéaire et à chaîne ramifiée, dans lesquels la fonction alcoolique est voisine d'un atome de carbone tertiaire. Dans tous les autres cas, l'analyse spectrale indique qu'il est possible de préparer des carbures contenant au plus 1 % d'isomères.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et couleur des anhydrides homophtalique et arylidène-homophtaliques.* Note ([1]) de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été déjà signalé ([2]) que les anhydrides arylidène-homophtaliques possèdent tous une couleur dans le visible, contrairement aux acides dont ils dérivent, et nous avions alors supposé que cette différence considérable d'absorption est due à la déformation forcée des angles de valence du chromophore éthylénique du fait de la cyclisation.

L'examen des spectres d'absorption dans le visible et dans l'ultraviolet moyen de ces molécules nous permet aujourd'hui de confirmer cette hypothèse, et de déterminer en surplus, par une voie physique, la formule

([3]) A notre connaissance, les carbures marqués d'un astérisque sont les seuls connus.

([1]) Séance du 18 novembre 1940.

([2]) Buu Hoï, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 330.

de l'anhydride homophtalique pour lequel deux structures avaient été proposées : une forme normale (I) et une forme 3-hydroxyisocoumarine (II)

CH^2, CO, O, CO (I). CH, C—OH, O, CO (II). $CH^2—CO^2H$, CO^2H (III).

La figure 1 montre en effet que l'absorption de l'anhydride homo-

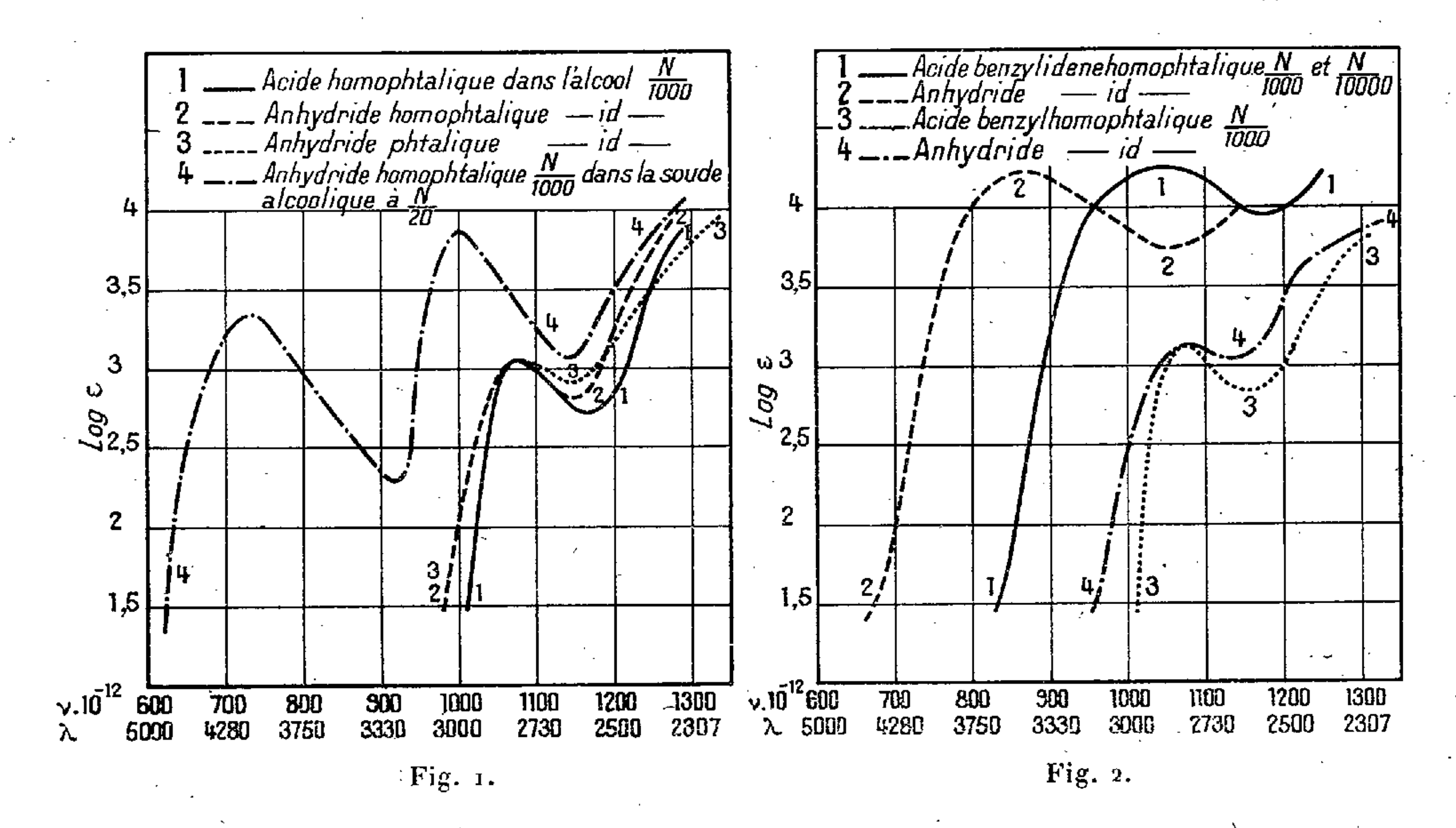


Fig. 1. Fig. 2.

phtalique en milieu neutre (courbe 2) est tout à fait voisine de celle de son acide (III) (courbe 1), compte tenu d'un très léger effet bathochrome provoqué par la cyclisation. Par contre, en milieu alcalin (dans la soude alcoolique N/20), son spectre change totalement d'allure (courbe 4), ce qui correspond au passage de la forme (I) à la forme isocoumarine (II).

En ce qui concerne l'acide (courbe 1, *fig.* 2) et l'anhydride (courbe 2, *fig.* 2) benzylidène-homophtaliques (IV) et (V), la cyclisation, qui a lieu déjà à froid par dissolution dans le chlorure d'acétyle, produit un déplacement de l'absorption de plus de 800 Å vers le visible. Cet effet optique anormal de la cyclisation disparaît si l'on supprime le chromophore éthylénique par réduction : la différence entre les courbes d'absorption de l'acide benzylhomophtalique (VI) (courbe 3, *fig.* 2) et de son anhydride (VII)

(courbe 4, *fig.* 2) redevient normale et de l'ordre de grandeur de celle observée plus haut entre l'acide homophtalique et son anhydride.

$$C^6H^4\!\left<\begin{matrix}C{=}CH\text{-}C^6H^5 \\ \quad CO^2H \\ CO^2H\end{matrix}\right. \ (2) \quad \text{(IV)}$$

$$C^6H^4\!\left<\begin{matrix}C{=}CH\text{-}C^6H^5 \\ CO \\ CO\end{matrix}\right>O \quad \text{(V)}$$

$$C^6H^4\!\left<\begin{matrix}CH\text{-}CH^2\text{-}C^6H^5 \\ CO^2H \\ CO^2H\end{matrix}\right. \quad \text{(VI)}$$

$$C^6H^4\!\left<\begin{matrix}CH\text{-}CH^2\text{-}C^6H^5 \\ CO \\ CO\end{matrix}\right>O \quad \text{(VII)}$$

L'explication que nous donnons ainsi de la couleur des anhydrides arylidène-homophtaliques rentre dans le cadre des relations entre les spectres d'absorption et les déformations d'angles valentiels, étudiées par M^me^ Ramart et son école (³), sur les hydrazones, les oximes, les stilbènes, les acides cinnamiques, en particulier. Elle peut se généraliser pour d'autres genres de molécules cycliques telles que les fulgides (VIII), beaucoup plus colorés que les acides fulgéniques (IX) générateurs (⁴).

$$\begin{matrix}R_1 \\ R_2\end{matrix}\!>\!C{=}C{-}CO \qquad \begin{matrix}R_3 \\ R_4\end{matrix}\!>\!C{=}C{-}CO \quad (\text{both CO joined by } >O) \quad \text{(VIII)}$$

$$\begin{matrix}R_1 \\ R_2\end{matrix}\!>\!C{=}C{-}CO^2H \qquad \begin{matrix}R_3 \\ R_4\end{matrix}\!>\!C{=}C{-}CO^2H \quad \text{(IX)}$$

Comme dans le cas du couple benzylhomophtalique, la réduction des chromophores déformables supprime la différence de couleur entre l'anhydride et son acide.

En outre des anomalies d'absorption lumineuse, la déformation forcée des angles de valence imprime, aux molécules où elle existe, un état d'activation particulière qui se manifeste par exemple chez les fulgides par la phototropie et la thermochromie, ou chez les anhydrides arylidène-homophtaliques par la possibilité de fournir, avec certaines molécules, des complexes du genre quinhydrone : l'anhydride (V) se dissout dans la diméthylaniline en orangé intense, et dans l'hexaméthylbenzène en jaune citron.

(³) *Atti del X° Congresso internazionale di Chimica*. Rome, 1939, III, p. 347.

(⁴) HANS STOBBE, *Liebig's Annalen*, 349, 1906, p. 333; 380, 1911, p. 1.

STRUCTURE CRISTALLINE. — *Sur le spectre des rayons X du pentachlorure de phosphore cristallisé.* Note [1] de MM. **Armand Marie de Ficquelmont**, **Georges Wetroff** et **Henri Moureu**, présentée par M. Charles Mauguin.

Powell, Clark et Wells viennent d'indiquer [2] les premiers résultats des recherches qu'ils poursuivent actuellement sur la structure cristalline du pentachlorure de phosphore. D'après ces auteurs on aurait approximativement $a = 9{,}2$ Å, $c = 7{,}4$ Å avec le groupe de recouvrement $P4/n(C^3_{4h})$. Ces résultats sont en accord, comme on va le voir, avec ceux que nous avons nous-mêmes obtenus et dont la publication s'est trouvée retardée du fait des événements.

L'examen direct du cristal montre que le pentachlorure de phosphore cristallise dans le système quadratique. La valeur du rapport c/a mesurée au goniomètre est de 0,567 [3]. La densité, que nous avons déterminée au picnomètre par immersion des cristaux dans des solvants organiques anhydres préalablement saturés par le produit [4], est égale à 2,10.

En tenant compte de ces données, nous avons alors analysé le diagramme de poudre obtenu avec le rayonnement $K\alpha$ du cuivre, au moyen des graphiques semi-logarithmiques de Hull [5]. On constate que l'hypothèse la plus simple que l'on puisse imaginer, et à laquelle toutes les autres se ramènent facilement, correspond à une structure à maille quadratique simple, avec un nombre de molécules par maille $Z = 4$ et un rapport axial $c/a \neq 0{,}567 \times \sqrt{2} = 0{,}800$.

L'enregistrement du spectre au microphotomètre nous a donné la courbe d'intensité reproduite ci-contre. L'emplacement prévu pour les anneaux de diffraction successifs correspondant aux différents interplans possibles du cristal est également indiqué sur la figure et montre l'identification des anneaux réellement observés.

Les valeurs des paramètres déterminées, en tenant compte des diamètres

---

(1) Séance du 18 novembre 1940.

(2) Note dans *Nature*, **145**, 1940, p. 149.

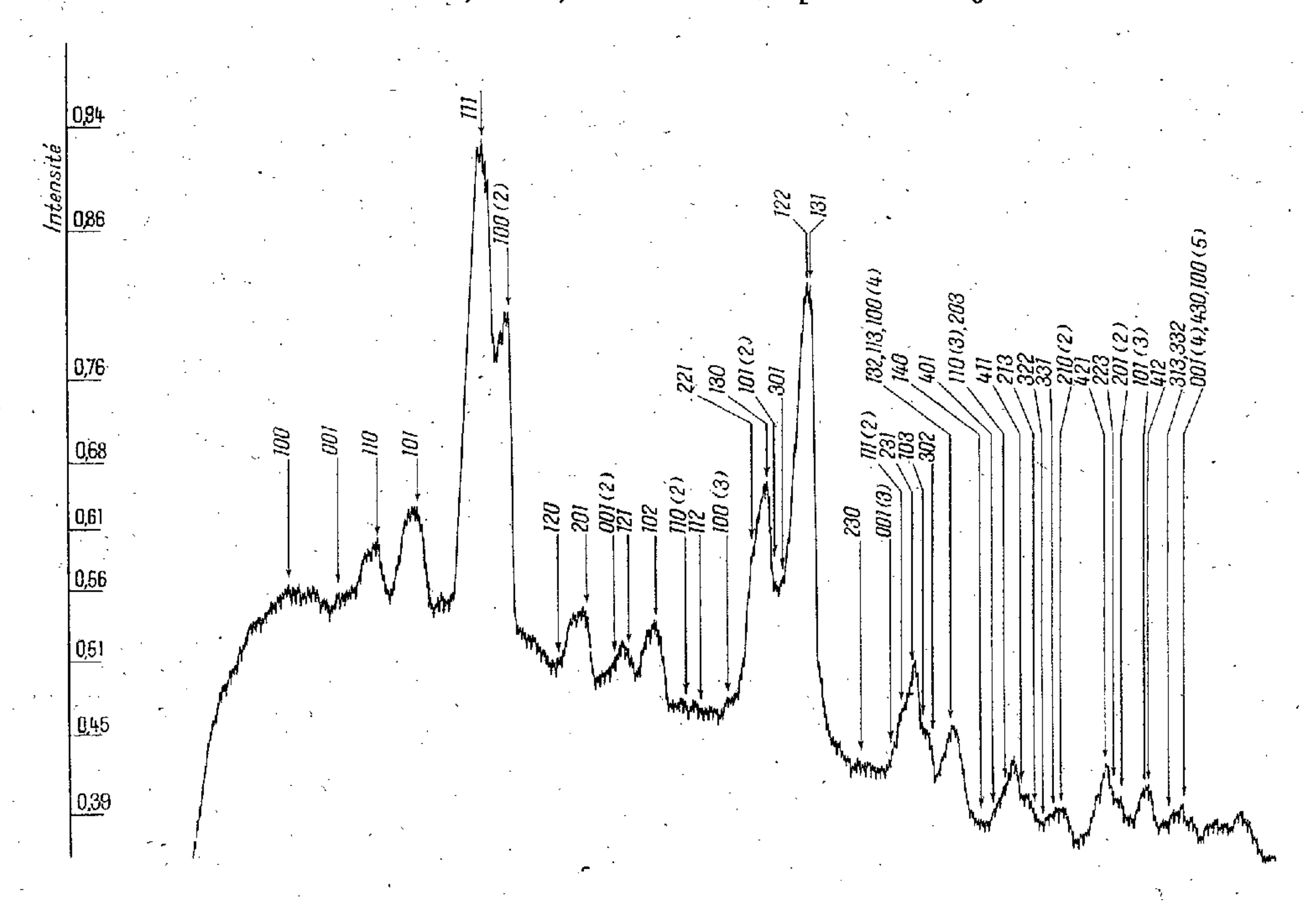
(3) Nordenskiöld, *Bihang k. Vet. Akad. Förh. Stockh.*, **2**, 1874, n° 2.

(4) Trouvé, dans le xylène $2{,}0_9$ et $2{,}1_2$; dans le tétrachlorure de carbone $2{,}1_0$. Moyenne $2{,}1_0$.

(5) Voir Davey, *Study of cristal Structure*, New-York, 1934, p. 603.

des neuf premiers anneaux, sont $a = 9,3_5$ Å et $c = 7,4_8$ Å. On en déduit alors pour le rapport c/a et pour la densité, des valeurs 0,800 et 2,1, qui concordent exactement avec celles obtenues directement sur le cristal.

Le spectre de poudre ne permet pas de fixer avec certitude le groupe de recouvrement du pentachlorure de phosphore. Toutefois l'existence certaine des anneaux 011, 021, 012 et 111 permet déjà d'écarter immé-



diatement tous les groupes où sont interdits les anneaux : okl pour l impair, okl pour k impair, okl pour $k+l$ impair et hhl pour l impair (6). Pour limiter ensuite notre choix entre les groupes restants, nous pouvons tout d'abord remarquer que la participation des plans 001, 001 [2] et 001 [3] dans la courbe d'intensité est certainement faible et qu'il est même possible qu'elle soit rigoureusement nulle. Mais le fait certainement le plus caractéristique est que, à l'emplacement prévu pour les anneaux 100, 120, 100 [3], 230, 140, c'est-à-dire tous les anneaux hko à $h+k$ impair, correspond chaque fois un minimum de la courbe d'intensité. Ceci nous conduit à envisager comme groupe de recouvrement le plus probable pour le pentachlorure de phosphore, l'un de ceux pour lesquels

(6) Voir les *Internationale Tabellen zur Bestimmung von Kristallstrukturen.*

justement sont interdits tous les anneaux *hk*o à $h+k$ impair, à savoir les groupes C_{4h}^3, C_{4h}^4 et D_{4h}^7.

Il est intéressant de noter que le choix limitatif de ces trois groupes de recouvrement exclut, pour le cristal, la possibilité d'une structure avec molécules covalentes hexaédriques PCl^5, résultat conforme à celui auquel nous étions déjà arrivés par étude de l'effet Raman. L'hypothèse d'une structure ionique, hypothèse que nos recherches antérieures nous avaient amenés à envisager [7], s'impose donc, et, s'il se confirme que le groupe de recouvrement du cristal est bien le groupe C_{4h}^3, l'attribution de la structure $(PCl^4)^+(PCl^6)^-$, que proposent Powell, Clark et Wells, paraît être tout à fait justifiée.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le glucide lévogyre du genre* Bromus. Note de MM. **H. Belval** et **A. de Cugnac**, présentée par M. Henri Colin.

Les Bromes appartiennent au groupe des Graminées lévulifères. La proportion des glucides lévogyres, à la base des tiges, atteint 3 à 6 % ; elle est plus variable dans les grains selon les espèces; parmi celles qui ont surtout fait l'objet de nos recherches, *Bromus Gussonei*, voisin de *Bromus sterilis*, de la section des *Eubromus*, en renferme encore à maturité 5 à 6 %, tandis que *Bromus secalinus*, de la section des *Serrafalcus*, n'en contient plus que 1 à 2 % au même stade de développement, se comportant en somme comme la plupart de nos céréales à épi.

Quelle que soit l'espèce, c'est toujours la même substance lévogyre que l'on rencontre dans les tiges aussi bien que dans les grains. Précipitée par l'alcool à l'état de masse glaireuse qui adhère fortement aux parois des vases, puis desséchée dans le vide sur acide sulfurique, et enfin pulvérisée, c'est une poudre blanche qui perd encore 9 % de son poids à l'étuve à 110°, en même temps qu'elle se gonfle et triple de volume. On reconnaît là un corps hygroscopique. Le pouvoir rotatoire est voisin de — 37° (moyenne de 5 déterminations, 37,3) et s'abaisse après hydrolyse à — 83° environ. Cette dernière valeur obtenue par comparaison avec des solutions de fructose pur ne paraît pas douteuse; elle laisse prévoir dans les produits d'hydrolyse la présence d'un faible pourcentage de glucose, 6 à 7 %, ce

---

(7) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 276 et 545; *Proc. of the Indian Acad. of Sciences*, 8, v, Section A, 1938, p. 356.

que confirment les essais d'oxydation par le brome (7,2 et 7,8 %) ou par l'iode en milieu alcalin (6 et 8,4 %). L'hydrolyse diastasique est totale quelle que soit l'origine de la sucrase, mais très lente : il faut plus de trois semaines pour transformer une solution à 1 %, alors que dans les mêmes conditions de pH et de température, et avec les mêmes préparations de sucrase, le saccharose est interverti en moins d'une heure. Enfin, les mesures cryoscopiques lui assignent, sans correction aucune, un poids moléculaire de 1368 (trouvé pour le glucose : 160).

Parmi les principes lévogyres des Graminées actuellement connus, on n'en voit pas un qui possède l'ensemble de ces propriétés. La graminine est évidemment à éliminer, ne serait-ce qu'en raison de son état physique et de la facilité avec laquelle on l'obtient pulvérulente par addition d'alcool à ses solutions même diluées. La triticine diffère nettement par ses pouvoirs rotatoires, sa résistance à l'action de la sucrase et l'absence presque totale de glucose dans ses produits d'hydrolyse. Le principe lévogyre des *Elymus* ($[\alpha]_D - 43^\circ$) s'en rapprocherait davantage, mais une minutieuse comparaison des deux produits ne permet pas d'attribuer au glucide des Bromes un pouvoir rotatoire inférieur à -36° ou -37°. Seule la lévosine possède un tel pouvoir rotatoire, mais outre que son poids moléculaire déterminé par Ch. Tanret [1] est égal à 648 seulement, le pouvoir rotatoire des produits d'hydrolyse ne s'abaisse pas au-dessous de -76°. Il s'agit donc vraisemblablement d'une substance caractéristique du genre *Bromus*.

Or il est une espèce que nombre de botanistes, à la suite de Linné, classent encore parmi les Bromes sous le nom de *B. giganteus* L., à côté de *B. erectus* et de *B. asper*, dans la section des *Festucaria*, à cause de la position de l'arête fixée un peu au-dessous du sommet de la glumelle, comme dans tout le genre *Bromus*; tandis que d'autres systématiciens en font une Fétuque, *F. gigantea* Vill., en raison de son stigmate terminal. Il est déjà remarquable que cette espèce se croise facilement avec diverses Fétuques (*F. pratensis*, *F. arundinacea*), voire même avec *Lolium perenne*, alors que toutes les tentatives de croisement avec les Bromes les plus voisins (*B. asper* et *B. erectus*) ont échoué jusqu'à présent; ce qui semble bien apparenter l'espèce avec les Fétuques plutôt qu'avec les Bromes.

L'étude de la réserve glucidique des tiges ou des rhizomes ne fait que confirmer cette manière de voir. Les vraies Fétuques, telles que *F. spadicea*,

---

(1) *Comptes rendus*, 112, 1891, p. 293; *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1891, p. 724.

espèce de montagne dont la base des tiges est renflée en bulbe, et *F. arundinacea*, contiennent une substance lévogyre très différente de celle des Bromes, précipitant facilement par affusion d'alcool à l'état pulvérulent comme la graminine, avec laquelle on l'identifierait volontiers, n'était le pouvoir rotatoire toujours un peu inférieur ($-48°$ ou $-49°$ pour le glucide des *Festuca*, au lieu de $-43°$ pour la graminine). Quoi qu'il en soit de la nature de cette substance, c'est elle précisément que l'on retrouve dans *F. gigantea*.

En dépit donc du port de la plante, qui rappelle assez celui de *B. asper*, et de la position de l'arête, qui est celle d'un Brome, *F. gigantea* est bien une Fétuque : son contenu glucidique en est la preuve; et peut-être faut-il voir une fois de plus dans la différence des réserves sucrées des géniteurs, différence qui est ici notable, la cause de l'insuccès des croisements entre *Festuca* et *Bromus*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle du solvant et de la méthode d'administration de la di-hydrofolliculine dans la différenciation du sexe chez les Batraciens.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans le but d'expliquer les résultats contradictoires obtenus [1] dans l'étude de la différenciation du sexe chez les Batraciens, sous l'action des hormones sexuelles, j'ai effectué les expériences suivantes :

Matériel. — Une ponte de *Rana temporaria*, recueillie au laboratoire le 23 mars 1939 et appartenant à une race indifférenciée, est divisée en plusieurs lots :
Lot B. — Témoin.
Lot D. — Recevra des injections huileuses de di-hydrofolliculine.
Lot E. — Recevra des injections huileuses de propionate de testostérone.
Lot DD. — Sera élevé dans une solution aqueuse de di-hydrofolliculine.

Les préparations hormoniques m'ont été fournies par la même marque (Roussel).

---

(1) K. Burns, *Anat. Rec.*, 71, 1938, p. 447; 73, 1939, p. 73; Ch. Foote, *Anat. Rec.*, 72, 1938, p. 120; L. Gallien, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 375; 206, 1938, p. 282; *Bull. Biol. France Belg.*, 72, 1938, p. 269; *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 1201; E. Padoa, *Mon. Zool. Ital.*, 47, 1936, p. 285; *Arch. Ital. Anat. Embr.*, 40, 1938, p. 122; Padoa et L. Baldasseroni, *Mon. Zool. Ital.*, 49, 1938, p. 267.

Il est important de noter que c'est la même di-hydrofolliculine qui a été utilisée en solution huileuse et en solution hydrique.

Par conséquent, l'expérience a porté sur un ensemble homogène d'individus, ayant la même constitution génétique, traité, en ce concerne l'hormone femelle, par le même produit. L'élevage a été fait, pour tous les lots, à la même température constante (étuve réglée à 20°); la nourriture fut identique pour tous les lots. Les seules variables ont été : *a*. le solvant; *b*. la méthode d'administration.

Expériences et résultats. — *Lot B.* — Les recherches antérieures (Gallien, 1937-1938) m'avaient montré que la race en cause était indifférenciée. A titre de confirmation, 10 têtards de ce lot ont été sacrifiés à la métamorphose : tous étaient femelles, ce qui confirme le caractère *race indifférenciée*.

Lot D. — A reçu 3 injections d'une *solution huileuse de di-hydrofolliculine*, titrée à 5^{mg}, soit 50000 U. I. pour 1^{cm^3} (*Benzo-gynœstryl*). Chaque têtard a ainsi reçu la valeur de 560 U. I., soit $0^{mg},56$ d'hormone femelle.

Mes expériences précédentes avaient montré que des animaux ainsi traités étaient tous femelles. A titre de vérification, 6 des têtards de ce lot ont été autopsiés à la métamorphose; tous présentaient des ovaires caractéristiques.

Lot E. — A reçu 3 injections d'une solution huileuse de *propionate de testostérone* (*Stérandryl*), titrée à 10^{mg} pour 1^{cm^3}. Chaque têtard a ainsi reçu $0^{mg},6$ d'hormone mâle. 14 de ces têtards ont été autopsiés à la métamorphose : 3 avaient des gonades stériles, bien que la morphologie externe fut celle de testicules, ceci à la suite d'un phénomène accidentel secondaire, qui sera décrit ultérieurement. 11 animaux possédaient deux testicules typiques.

Lot DD. — 35 têtards ont été traités par la *solution hydrique de di-hydrofolliculine* à 5^{mg} pour 1000^{cm^3}, soit 50000 U.I. Cette solution, additionnée d'alcool (facilitant la dissolution de l'hormone), est toxique. Il est nécessaire de l'ajouter progressivement à l'eau des aquariums.

Aux 5^{l} d'eau normale de l'élevage ont été ajoutés $4^{l},5$ de solution hydrique, soit 225000 U.I., entre le 31 mars et le 3 avril. Du 18 au 24 avril, $4^{l},5$ de la même solution, soit 225000 U.I., ont été ajoutés à nouveau.

3 têtards sont morts pendant l'expérience, 5 autres, morts pendant la métamorphose, n'ont pu être étudiés histologiquement.

Sur les 27 têtards étudiés, 23 avaient des testicules typiques; 2 possédaient deux testicules présentant, au voisinage du corps jaune, quelques nids d'ovogonies, preuve d'une intersexualité faible. 1 possédait deux ovotestis. 1 possédait, d'un côté un ovaire, de l'autre un ovotestis, avec prédominance du type testiculaire.

Conclusion. — La di-hydrofolliculine, injectée *en solution huileuse*, a une action *féminisante* dans la différenciation du sexe chez *Rana temporaria*. Administrée en *solution aqueuse*, son action est *masculinisante*. Cependant la présence de quelques individus intersexués indique que l'on se trouve aux limites d'un seuil de virage.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets sur la différenciation sexuelle des embryons, d'un mélange de dipropionate d'œstradiol et de propionate de testostérone injecté à la souris en gestation.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons étudié précédemment l'action conjuguée de ces deux hormones sur la gonade de l'embryon du poulet [1]. Nous rapportons ici les effets obtenus, avec ces mêmes substances, sur l'évolution des voies génitales des embryons de souris.

Le propionate de testostérone et le dipropionate d'œstradiol, en solution dans l'huile d'olive pure, sont mélangés quelques heures avant l'injection. Plusieurs souris ont reçu une injection *sous-cutanée* de ce mélange, *à divers stades de la gestation.* Cette dernière a été souvent interrompue, avec mort ou résorption des fœtus. Trois portées ont cependant pu être obtenues. Deux sont étudiées ici : dans la première, la mère avait reçu, au 12ᵉ jour de la gestation, $6^{mg},5$ de propionate de testostérone et $1^{mg},25$ de dipropionate d'œstradiol; le 19ᵉ jour, la mère est sacrifiée : on trouve, dans les cornes utérines, 8 embryons, dont 3 fortement lysés et 5 qui, bien que présentant des signes d'asphyxie [2], sont vivants et ont pu être étudiés histologiquement (nᵒˢ 490 à 494). Dans la deuxième portée, la mère a reçu $6^{mg},25$ de propionate de testostérone et $3^{mg},75$ de dipropionate d'œstradiol, cinq jours avant la parturition; à la naissance, tous les embryons sont morts, un récemment (526), les quatre autres sont autolysés.

L'examen macroscopique et l'étude histologique des embryons de ces portées (résumée dans le tableau ci-contre) montrent, chez eux, à la fois, des effets féminisants et des effets masculinisants. On constate, à l'autopsie, que tous les animaux ont des mamelons bien développés (alors qu'ils ne sont pas visibles chez les nouveau-nés normaux), et qu'ils présentent divers caractères d'intersexualité (testicules non descendus ou seulement faiblement chez les mâles, présence de voies génitales du sexe opposé chez les mâles et les femelles, intersexualité des organes génitaux externes).

L'examen histologique (voir le tableau), montre que les canaux de Wolff,

---

(1) A. Raynaud, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 489.

(2) Chez ces cinq animaux et chez ceux des autres portées, l'examen histologique nous a permis de déceler des lésions importantes de la moelle épinière (pycnose, lyse avancée, etc.).

Désignation de l'embryon (nº du prélèv.).	Sexe.	Poids de l'embryon (mg.).	État de l'appareil génital (*). Glandes génitales.	Canaux de Wolff.	Canaux de Müller.	Glandes annexes.	Urètre.	Organes génitaux externes.
490	♂	804	Testicules	Présents normaux	*os.*, *tr.*, présents bilatéralement. Partie sup. des *C. M.* présente.	*V. S.*, *gl. pr.* et *gl. C.* présentes	*ur. pr.* de type ♂ féminisé	De type ♂
491	♂	758	Id.	Id.	*os.*, *tr.*, présents bilatéralement. *C. M.* presque complets (part. infér. seule absente)	Id.	Id.	Id.
493	♂	798	Id.	Id.	Absents	*V. S.* et *gl. pr.* peu développées, *gl. C.* présentes	Id.	Id.
492	♀	737	Ovaire avec grand développem. de tubules du rete	Prés. dans la moitié sup. seulement ; minces	Présents normaux	*V. S.* abs., quelques bourgeons prostatiques ; *gl. C.* présentes	Id.	Id. (avec quelques caract. ♀)
494	♀	715	Id.	Id.	Id.	Id.	Id.	De type ♂ hypospade
526	♂	1190	Testicules	Présents, dilatés	*os.*, *tr.* et partie sup. des *C. M.* prés.	*V. S.* dilat. ; *gl. pr.*, *gl. C.* bien développées	De type ♂	De type ♂

(*) *C. M.*, canaux de Müller; *gl. C.*, glandes de Cowper; *gl. pr.*, glandes prostatiques; *os.*, ostium; *tr.*, trompes; *ur. pr.*, urètre prostatique; *V. S.*, vésicules séminales.

chez les femelles génotypiques et les canaux de Müller chez les mâles, ont été stimulés. Chez aucun embryon ces canaux surajoutés ne sont complets, mais seule l'extrémité inférieure fait, en général, défaut. Les femelles possèdent des glandes annexes mâles, et ces dernières sont plus ou moins bien développées chez les mâles.

Nous rappellerons que de fortes doses de dipropionate d'œstradiol, injectées seules à la souris en gestation, provoquent le développement des canaux de Müller chez les embryons mâles, en même temps qu'une inhibition des canaux de Wolff et des glandes annexes ([3]). Dans l'expérience actuelle, certains embryons présentent, au contraire (526 par exemple), un grand développement des voies génitales mâles, malgré la présence de doses élevées de dipropionate d'œstradiol (4^{mg}).

En admettant (ce qui est vraisemblable) que l'hormone femelle injectée à la souris en gestation agisse elle-même sur les embryons, ces deux ensembles de faits (qui demandent confirmation sur un plus grand nombre d'animaux) nous permettent de présenter comme interprétation *l'hypothèse* suivante : *l'hormone femelle n'agirait pas directement sur les canaux de Wolff embryonnaires, mais inhiberait, dans les embryons mâles, la production de l'hormone responsable de l'évolution des voies génitales mâles.*

Rappelons qu'inversement le propionate de testostérone inhibe le développement des canaux de Müller chez l'embryon de Poulet ([4]) et chez les larves d'Amblystome ([5]); mais nous avons montré qu'en injectant dans l'œuf de Poule simultanément l'œstradiol et la testostérone, les canaux de Müller se développaient chez les embryons ([1]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Évaluation moléculaire de l'haptoglobine par une réaction enzymatique de peroxydation.* Note de M. **Max-Fernand Jayle**, présentée par M. Maurice Javillier.

La mise en évidence de l'haptoglobine est fondée sur l'activation de l'action catalytique de l'hémoglobine par le plasma sanguin. On utilisait, dans la précédente technique ([1]), $1^{mg},7$ d'hémoglobine humaine, et l'on retranchait de son activité en présence de plasma celle que donnait l'hémoglobine seule. On rapportait finalement l'activation plasmatique à $0^{cm^3},1$ de plasma.

Dans la modification que nous présentons, on substitue l'hémoglobine cristallisée de cheval à l'hémoglobine d'homme, en raison de son activité catalytique supérieure, et l'on effectue une véritable titration moléculaire

---

([3]) A. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1061.

([4]) B. H. Willier, T. F. Gallagher and F. C. Koch, *Physiol. Zoöl.*, 10, 1937, p. 101.

([5]) R. K. Burns, *Anat. Rec.*, 73, 1939, p. 73; C. L. Foote, *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, 43, 1940, p. 519.

([1]) M. Polonovski et M.-F. Jayle, *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 21, 1939, p. 66.

de l'haptoglobine, en ajoutant des quantités croissantes de plasma jusqu'à la saturation de $0^{cm^3},2$ de HbO^2 M/20000 (soit $0^{mg},15$ HbO^2).

En introduisant de l'iode au début de la réaction, on inhibe complètement l'activité catalytique de l'hémoglobine libre, sans entraver celle du complexe à molécules égales hémoglobine-haptoglobine.

Technique expérimentale. — On introduit dans une capsule, plongeant dans un bain-marie avec thermostat réglé à 21° (± 1°) et munie d'un système d'agitation rotative, $0^{cm^3},2$ de HbO^2 de cheval M/20 000; $0^{cm^3},05$ de plasma sanguin dilué au 1/2, 3^{cm^3} IK M/10. Dans une autre capsule on mélange 10^{cm^3} d'une solution citratée M/15 à pH 4,4, 1^{cm^3} d'hydroperoxyde d'éthyle M/20 et $0^{cm^3},6$ d'iode M/100.

Au moment de la mise en marche d'un chronomètre, on verse le contenu de la deuxième capsule dans la première.

A 4 minutes 30 secondes on dose l'iode libéré par une solution d'hyposulfite N/100 de façon à terminer le dosage à 5 minutes exactement. On retranche du chiffre obtenu celui qui est donné par le témoin avec l'hémoglobine seule. On rapporte l'activation à $0^{cm^3},1$ de plasma en multipliant par 4 et on la représente par le symbole U. I. (unités d'iode) dont la valeur oscille de 0 à 7. Les plasmas de sujets normaux donnent des chiffres faibles; ceux des malades, présentant un processus toxique ou infectieux en évolution, des chiffres d'autant plus élevés que celui-ci est plus grave.

Le tableau 1 met en évidence que les additions croissantes de plasma à une quantité fixe de HbO^2 fournissent des U. I. proportionnelles à la quantité de plasma introduite jusqu'à une valeur maximum qui est sensiblement maintenue, malgré les concentrations croissantes d'haptoglobine, et qui indique la saturation de $0^{cm^3},2$ de HbO^2 M/20000 par l'activateur du plasma. Dans l'exemple A, la saturation est obtenue avec $0^{cm^3},031$ de plasma et par $0^{cm^3},057$ dans l'exemple B.

TABLEAU 1.

	Plasma 1/4 ajouté à $0^{cm^3},2$ HbO^2 M/20.000.	Iode M/100 HbO^2 plasma.	Iode M/100 témoin.	U. I. HbO^2 plasma.	Saturation en cm^3 de plasma.	U. I. rapportées à $0^{cm^3},1$ plasma.	H.G.
A	0,05	1,45	0,65	0,8	0,125/4	6,4	6,4
	0,10	2,28	»	1,63			
	0,15	2,62	»	1,97			
	0,20	2,62	»	1,97			
B	0,10	1,75	0,65	1,10	0,23/4	4,4	3,5
	0,15	2,26	»	1,60			
	0,20	2,70	»	2,05			
	0,25	2,87	»	2,22			
	0,30	2,83	»	2,18			

L'opération inverse est ensuite réalisée en maintenant constante la quantité de plasma et en ajoutant des quantités progressivement croissantes de HbO^2.

Le tableau 2 contient les résultats obtenus exprimés en Iode M/100 libéré en présence d'hémoglobine seule et d'hémoglobine mélangée au plasma. La différence des deux premiers chiffres de chaque colonne correspond à l'activation du complexe HbO^2-haptoglobine.

On utilise $0^{cm^3},125$ du plasma dilué qui correspond à la saturation de $0^{cm^3},2$ de HbO^2 M/20000 (tableau 1 A). Les trois premières activations sont proportionnelles à la quantité d'hémoglobine introduite (U. I. = 0,42 — 0,98 — 1,95); là encore, la saturation se situe à $0^{cm^3},2$ de HbO^2 M/20000, ce qui confirme notre hypothèse de combinaison équimoléculaire de l'hémoglobine avec l'haptoglobine. En effet, les quatre derniers chiffres de la troisième ligne du tableau 2 ne présentent entre eux que des différences minimes et sans rapport avec l'augmentation de HbO^2.

Tableau 2.

$0^{cm^3},2$ HbO^2	M/80000.	M/40000.	M/20000.	M/10000.	M/5000.	M/1000.
Réaction témoin........	0,40	0,54	0,73	0,97	1,28	2,54
+ $0,125^{cm^3}$ plasma 1/4...	0,82	1,52	2,68	2,97	3,33	4,64
Activation.............	0,42	0,98	1,95	2	2,05	2,10

Ces faits expérimentaux sont à la base de la technique de saturation que nous proposons pour le dosage de l'haptoglobine. L'activation précédemment calculée en U. I. pour $0^{cm^3},1$ de plasma permet de situer approximativement la quantité de plasma à ajouter à HbO^2 pour obtenir la saturation, que l'on détermine exactement en répétant la même technique avec des quantités croissantes de plasma. Connaissant la concentration moléculaire de l'hémoglobine introduite par un dosage de fer, on peut évaluer moléculairement l'haptoglobine. Il est plus commode de transformer le résultat en indice d'haptoglobinémie (H. G.), en posant que l'unité de cet indice correspond à 1/20000^e de molécule d'haptoglobine. On a ainsi une échelle de mesure simple et proportionnelle. Les variations cliniques de (H. G.) oscillent entre 0 et 8 et se maintiennent au-dessous de 1 chez les individus sains.

Il est assez surprenant d'évaluer moléculairement la teneur d'un liquide biologique en une matière protéique par une simple réaction enzymatique, qui effectue, elle-même, le triage de ce protide spécifique et en permet le microdosage avec une précision étonnante, l'erreur n'excédant pas 5 % pour un manipulateur minutieux et entraîné.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 DÉCEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Ernest Esclangon** est élu Vice-Président pour l'année 1941 par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Louis Bouvier** et **Robert Bourgeois**, par la majorité absolue des suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE. — *Contrôles encéphaliques de sens inverse sur deux sortes d'excitabilité réflexe.* Note de M. **Louis Lapicque** et M^me^ **Marcelle Lapicque**.

Quand on étudie, chez la Grenouille, l'excitabilité réflexe suivant la méthode que nous avons publiée en 1912 (1), on observe nettement que l'excitabilité est amoindrie par la suppression de l'encéphale.

On fait tomber sur un nerf sciatique des décharges de condensateurs rythmées par un cylindre tournant garni de cames plus ou moins espacées. On règle ainsi à volonté la durée, le nombre et la fréquence des stimuli, aussi bien que leur intensité. Quand l'encéphale a été préalablement enlevé, tout au moins séparé de la moelle par section ou écrasement du bulbe rachidien, c'est-à-dire quand le système nerveux central est

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 72, 1912, p. 871.

réduit à la moelle épinière (animal *spinal*), un stimulus isolé reste généralement inefficace, quelle que soit son intensité, comme on l'avait noté depuis longtemps; pour obtenir un réflexe, il faut *sommer* plusieurs stimuli rapidement répétés (Setschenow, 1865). Le dispositif ci-dessus permet de préciser la *loi de sommation*, c'est-à-dire la façon dont l'intensité juste efficace varie avec le nombre et l'intervalle des stimuli. Si on laisse le système nerveux entier, ou si l'on a enlevé simplement le cerveau (*télencéphale*), qui n'a pas un rôle défini dans les phénomènes en question, le stimulus isolé est, sur une Grenouille en bon état, efficace sous une intensité modérée que la répétition du stimulus ne permet d'abaisser que fort peu; la loi de sommation est presque parallèle à l'axe sur lequel sont portés soit le nombre, soit la fréquence des stimuli, tandis que sur la Grenouille spinale ces lois sont fortement inclinées, et d'ailleurs, tout entières plus élevées. C'est-à-dire que, pour n'importe quelle combinaison de stimuli, *l'intensité nécessaire est plus grande après suppression de l'encéphale*. Hans Schriever, qui a obtenu ces résultats avec une parfaite netteté dans notre laboratoire en 1933, a précisé que ce rôle appartient exclusivement à une partie définie de l'encéphale, à savoir le *mésencéphale* (2).

Ces données ont été vérifiées et développées par nous-mêmes ainsi que par divers auteurs, et, dans diverses publications, nous avons insisté sur leur intérêt théorique (3). Mais ils sont nettement en conflit avec des données plus anciennes.

En 1863, Setschenow démontrait dans l'encéphale de la Grenouille un centre inhibiteur pour la moelle. Mettant en jeu le réflexe par la méthode de Türck, qui consiste à baigner l'extrémité d'une patte dans une solution acide jusqu'au moment où l'animal retire vivement cette patte, il constatait que, pour une concentration donnée, cette réponse se produisait plus vite après qu'on avait supprimé l'encéphale. En opérant des sections à diverses hauteurs, il a reconnu que cette libération du pouvoir réflexe de la moelle ne se produit pas quand la coupe passe en avant des tubercules bijumeaux, mais quand elle passe juste en arrière de ceux-ci (4). C'est-à-dire qu'il a localisé, expérimentalement, le point de départ d'une inhibition à l'endroit même où nous avons reconnu, expérimentalement, le point de départ d'une facilitation.

Ces expériences de Setschenow, confirmées par une série d'auteurs, sont classiques depuis un demi-siècle. L'antinomie qu'elles présentent avec les nôtres était pour nous une énigme irritante. Sans les contester, il nous a paru de bonne règle de s'assurer d'abord que cette antinomie est

---

(2) Hans Schriever, *C. R. Soc. Biol.*, **114**, 1933, p. 912; *Zeitschr. f. Biol.*, **95**, 1934, p. 105.

(3) Notamment *C. R. Soc. Biol.*, **122**, 1936, p. 656 et 859; *Cold Spring Harbor Symp. on quantit. Biol.*, **4**, 1936, p. 98.

(4) *Physiol. St. ü. d. Hemmungsmechanismen für die Reflextätigkeit des Rückenmarks im Gehirne des Frosches*, Berlin, 1863.

objective. L'an dernier, nous avons conseillé à un jeune physiologiste espagnol venu travailler dans notre laboratoire, M. Blas Cabrera junior, de reprendre comparativement des expériences par les deux méthodes; il a retrouvé deux séries de résultats qui s'opposent diamétralement, plus directement encore que dans les expériences de Setschenow. Au lieu de comparer simplement des rapidités de réaction dans une solution acide donnée, il a appliqué successivement en présence, puis en l'absence du mésencéphale, une gamme de concentrations acides et obtenu ainsi deux courbes de vitesses de réaction réflexe en fonction de la concentration; mises sous une forme analogue à nos lois de sommation, ces courbes montrent qu'à chaque point *la concentration efficace est plus petite après la suppression de l'encéphale* ([5]).

Voici alors le point de vue d'où nous avons aperçu une possibilité d'explication.

Les fibres nerveuses centripètes qui sont mises en jeu par notre méthode électrique sont toujours des fibres très rapides; leur chronaxie, que nous avons déterminée dans des recherches antérieures ([6]), est égale à celle des fibres motrices volontaires, soit une fraction de millième de seconde, ce qui les range dans la classe A de Erlanger et Gasser.

Les fibres nerveuses centripètes qui sont mises en jeu par l'excitation chimique, plus précisément par le contact sur la peau d'une solution acide, ont été étudiées récemment par Adrian ([7]), puis par Zotterman ([8]). Par leur vitesse de conduction et la durée de leurs ondes d'influx, elles se rangent parmi les plus lentes connues (classe C de Erlanger et Gasser).

Or nous avons depuis longtemps été amenés, pour expliquer certaines particularités d'un autre ordre dans le réflexe électrique, à postuler entre le neurone centripète ou sensitif, et le neurone centrifuge ou moteur, tous deux rapides, un neurone ou une série de neurones intermédiaires relativement lents. D'autre part, l'un de nous a démontré que l'encéphale, plus précisément le mésencéphale, possède la capacité de diminuer la chronaxie des neurones moteurs ([9]), fait que nous avons ultérieurement systématisé

([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 557. Baxt, en 1871, puis Kaufmann et Steinhausen (*Arch. de Pflüger*, **190**, 1921, p. 12) avaient déjà obtenu de telles courbes, mais seulement sur la Grenouille spinale.

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, **72**, 1912, p. 871; **101**, 1929, p. 1086.

([7]) *Journ. of Physiology*, **72**, 1931, p. 132.

([8]) *Acta medica Scandinavica*, **80**, 1933, p. 1.

([9]) M. Lapicque, *C. R. Soc. Biol.*, **88**, 1923, p. 46.

sous le nom de *subordination* ([10]). Rapprochant ces deux données, un de nos élèves, Dario Acevedo, a formulé l'hypothèse que l'influence du mésencéphale s'exerce par une action du même genre sur les neurones intermédiaires, ce qui, supprimant, tout au moins diminuant, l'hétérochronisme dans l'arc réflexe, favoriserait le passage de l'influx nerveux ([11]). Toute une série de faits expérimentaux est venue corroborer cette hypothèse que nous avons développée en une théorie formelle ([3]).

Transposons ce raisonnement au cas de fibres centripètes lentes. Le même processus d'accélération s'exerçant sur le neurone intermédiaire va être une création ou une augmentation d'hétérochronisme, par conséquent un obstacle au passage de l'influx.

Cette conception résout d'une façon simple et claire l'antinomie à laquelle nous nous heurtions. Mais, si elle ordonne d'une façon logique tous les faits connus, elle comporte quelques vues de l'esprit, notamment le rôle du neurone intermédiaire. La solution qu'elle fournit à notre problème nous a semblé devoir être soumise à des contre-épreuves. Voici ce que nous avons obtenu, sur le terrain pharmacodynamique.

1° En injectant à la Grenouille ayant son système nerveux intact des doses convenables, très petites, de strychnine ou de picrotoxine, on observe simultanément : *a.* exagération des réponses aux excitations tactiles; *b.* diminution de chronaxie des nerfs moteurs; *c. atténuation ou suppression de l'excitabilité réflexe aux acides.*

2° En injectant dans les mêmes conditions, du véronal sodé ou de l'antipyrine, on observe simultanément : *a.* atténuation ou suppression des réflexes tactiles; *b.* augmentation de chronaxie des nerfs moteurs, du moins remplacement des petites chronaxies de subordination par la chronaxie de constitution plus grande; *c. augmentation notable de l'excitabilité réflexe aux acides.*

Ces deux séries de résultats symétriques sont entièrement d'accord avec l'hypothèse; elles ne sont pas péremptoires parce que, le mésencéphale restant en cause, c'est peut-être seulement lui qui, surexcité ou endormi par les poisons, exerce plus ou moins l'action que précisément il s'agit d'expliquer. Les expériences sur les Grenouilles spinales par les substances précitées n'ont pas fourni de résultats probants.

Nous nous proposons de continuer ces recherches. Dès maintenant, étant donné l'opposition diamétrale des phénomènes observés par notre méthode ou par la méthode de Türck dans des conditions diverses, il n'y

---

([10]) *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 1390 et 1947.
([11]) *Ann. de Physiol. et physicoch. biol.*, 6, 1930, p. 427.

a plus lieu de se demander sans discrimination si les réflexes sont inhibés ou favorisés par le mésencéphale. On doit penser à deux domaines nerveux distincts, distinction déjà parfois suggérée antérieurement, notamment par Head sous les dénominations de *sensibilité épicritique* et de *sensibilité protopathique*.

En tout état de cause, la voie d'accès au premier étant constituée par des éléments à petite chronaxie, la voie d'accès au second par des éléments à grande chronaxie, on comprend que l'action d'un même centre nerveux puisse se traduire de façon différente sur les réflexes dans l'un et l'autre domaine.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Marchand. — *Le départ en mission de l'astronome J.-N. Delisle pour la Russie* (1721-1726).

2° Jean Marchand. — *Abrégé de la vie de M. le Marquis de Torcy escrite par Mme la Marquise d'Ancezune, sa fille.*

3° *La mission extraordinaire du Marquis de Torcy en Danemark et son voyage en Suède* (1685), par Jean Marchand.

4° L. Aufrère. — Épreuves et Synthèses. N° 1. *Essai sur les premières découvertes de Boucher de Perthes et les Origines de l'Archéologie Primitive* (1838-1844) (présenté par M. Emm. de Margerie).

5° Préhistoire. Tome VII. Fascicule unique. L. Aufrère. *Figures de Préhistoriens. I. Boucher de Perthes* (présenté par M. Emm. de Margerie).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation du principe des singularités positives de M. Picard.* Note (1) de M. **Maurice Gevrey.**

Nous avons signalé naguère, au cours d'une Note consacrée à certaines extensions des propriétés des fonctions harmoniques (2), que le *principe*

(1) Séance du 2 décembre 1940.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 544.

des singularités positives pouvait être étendu aux équations linéaires du type elliptique. Nous nous proposons ici de préciser et de compléter ces résultats, tout en élargissant nos hypothèses.

Soient, dans l'espace E_m à m dimensions, les points $P(x_1, \ldots, x_m)$ et $Q(y_1, \ldots, y_m)$, a_{ij}, b_i, c et f des fonctions de $P(i, j = 1, \ldots, m)$, σ_m l'aire de la sphère unitaire de E_m et ω le domaine des points Q vérifiant $\Sigma A_{ij}(P)(x_i - y_i)(x_j - y_j) < \varepsilon^2$, le déterminant des a_{ij} ayant la valeur *un* et A_{ij} étant le mineur de a_{ij}. Nous envisageons l'équation du *type elliptique généralisé* $Fz = f$, en posant ([3])

$$Fz = \mathcal{E}z + \Sigma b_i \frac{\partial z}{\partial x_i} + cz \qquad \text{avec} \qquad \mathcal{E}z = \lim_{\varepsilon=0} \frac{2m(m+2)}{\sigma_m} \int_\omega \frac{z_Q - z_P}{\varepsilon^{m+2}} d\omega_Q.$$

Voici nos hypothèses sur les coefficients et l'inconnue z : dans un domaine sphérique fermé S ayant pour centre l'origine O, les a_{ij} sont continus et l'on a $|a_{ij}(P) - a_{ij}(O)| < h(r)$, avec $r = OP$ et $h(0) = 0$, la fonction h étant telle que hr^{-1} soit sommable à partir de o; d'autre part, b_i, c et f sont définis dans $S - O$, b_i vaut $O(hr^{-1})$ et c, f valent $O(hr^{-2})$. Quant à z, elle est supposée *régulière* dans $S - O$, c'est-à-dire continue ainsi que ses dérivées premières et telle que $\mathcal{E}z$ ait un sens en tout point de $S - O$. Enfin nous supposerons, comme il est toujours loisible, que les a_{ij} forment une *matrice unité en* O.

Cela posé, les propriétés concernant les singularités algébriques possibles en O des solutions de $Fz = f$ sont contenues dans les trois propositions ci-dessous, *en posant* $p = m - 2$.

A. *Si* $Fz = 0$ *et si* $zr^p \to 0$ *avec r uniformément*, z *est borné dans* S. Ceci se démontre en posant $z = ue^{-K\varphi(r)}r^{-p}$, la fonction $\varphi(r)$ étant choisie de façon que, dans l'équation en u, le coefficient de u soit négatif : $|u|$ ne peut alors admettre un maximum dans $S - O$, et l'on montre que, s'il existe un point où $|z|$ surpasse tout nombre donné, on peut choisir φ de façon que, Σ étant un domaine sphérique ouvert quelconque de centre O et intérieur à S, le maximum de $|u|$ dans $S - \Sigma$ ait lieu *sur la frontière* σ de Σ. Dès lors, en un point où est r compris entre les rayons ρ et R de Σ et S, on aura

$$|z| r^p e^{K\varphi(r)} < \zeta \rho^p e^{K\varphi(\rho)},$$

ζ étant le maximum de $|z|$ sur σ : le second membre $\to 0$ avec ρ, ce qui est absurde.

([3]) *Annales de l'École Normale*, 52, 1935, p. 52 sqq.

En prenant comme fonction φ l'intégrale

$$\frac{1}{\alpha}\int_r^a \frac{h(s)}{s}\left(1-\frac{r^\alpha}{s^\alpha}\right)ds,$$

on montre qu'on peut choisir les nombres K, α et a de façon que les conditions de la démonstration soient réalisées pour R suffisamment petit. La proposition A s'étend aux solutions de $Fz=f$ lorsque z et $-f$ conservent tous deux le même signe au voisinage de O.

Pour effectuer maintenant la généralisation du principe de M. Picard proprement dit, une hypothèse supplémentaire semble nécessaire, car celles qui précèdent nous permettent seulement d'établir que, si z reste positif dans S, le minimum de z sur la sphère de rayon r vaut $O(r^{-p})$. Dans ce qui suit, en plus des hypothèses précédentes, nous supposerons b_i, c, f continus dans S — O et l'accroissement des a_{ij} limité par $h(d)$, entre deux points *quelconques* de S, de distance d, h étant croissante (ces hypothèses suppriment la restriction ci-dessus sur le signe de z et $-f$).

B. *S'il existe toujours un point voisin de* O *où* $z=A$, *quel que soit* $A>0$, *et si* z *reste positif dans* S, z *est de la forme* wr^{-p}, w *étant continue et positive dans* S.

On suppose d'abord O *intérieur à tous les domaines* $z>C$, quelque grande que soit la constante C. On peut calculer par approximations successives une *solution élémentaire* U_P^0 (telle que $|PO|^p U_P^0=1$ pour $PO=0$) vérifiant l'équation $Fz=0$ en P et l'adjointe en Q, quand celle-ci existe. Or les procédés des nos 5 et 6 de notre Mémoire cité permettent de former des fonctions dérivables $a_{ij}^*(P, \delta)$ tendant uniformément vers a_{ij} quand le paramètre $\delta\to 0$. F^* désignant l'opération F faite avec les a_{ij}^*, b_i^*, l'équation $Fz=f$ peut s'écrire $F^*z=f^*$ avec $f^*=F^*z-Fz+f$.

La formule fondamentale, appliquée au domaine $C_1<z<C$, C_1 étant fixe, montre alors, quand C augmente indéfiniment et que $\delta\to 0$, que z/U_P^0 doit être continu en O, d'où la propriété énoncée (avec la restriction du début).

Si maintenant on suppose seulement l'hypothèse de l'énoncé, on pose $u=z+kU_P^0$; O est alors intérieur aux domaines $u>C$, donc $u=wU_P^0$ et $z=(w-k)U_P^0$. Or, d'après A, w_P-k est différent de zéro, sinon z resterait borné : donc z a bien la forme annoncée.

C. *Si* zr^p *reste borné dans* S, *sans tendre uniformément vers zéro avec* r, z *conserve le même signe au voisinage de* O. Il suffit pour le voir, si $|z|r^p$ reste $<A$, de poser $u=A'U_P^0-z$ $(A'>A)$ et d'appliquer B à u.

Il résulte de C que, si z devient infini sans conserver le même signe au voisinage de O, il existe nécessairement des points où $|z|r^p$ *surpasse tout nombre donné.*

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *Le mouvement gyroscopique des projectiles. L'axe dynamique d'équilibre de M. Ernest Esclangon.* Note de M. **Robert d'Adhémar**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous conservons les notations d'une Note précédente (1). En particulier, M_x et M_y sont les composantes du moment des forces extérieures. Le plan OHN est un plan de référence perpendiculaire sur la tangente de la trajectoire. Nous considérons des solutions *approchées*, régies par la deuxième équation de Mayevski et non par la première, en général. Il y a d'abord une classe de solutions que l'on peut nommer solutions *simples*; ces solutions ont pour représentation dans OHN des segments de droites issues de l'origine (M. de Sparre a obtenu une solution simple particulière). Nous avons ensuite une classe de solutions qui s'enroulent autour des solutions simples. On voit, en outre, facilement la possibilité d'un certain amortissement progressif dans le mouvement gyroscopique autour des solutions simples.

Ces solutions simples possèdent les caractères généraux de la solution que M. Esclangon nomme l'axe dynamique d'équilibre, notion fondamentale au point de vue de l'interprétation physique.

Il y a une infinité de solutions pour l'axe dynamique d'équilibre, l'orientation de chaque solution dépendant du mode de cessation des irrégularités initiales.

Mais ces diverses solutions simples sont bien distinctes à certains points de vue. Considérons M_y. Lorsque le mouvement gyroscopique est régi par la deuxième équation de Mayevski, on a l'expression approchée

$$M_y = B[(P - x)\,\delta' + P'\delta - \omega p].$$

Le mouvement *élémentaire* correspond au cas $p \equiv 0$.

Ce mouvement élémentaire a pour image une courbe enroulée autour de l'axe OH'. Dans ce cas M_x est prépondérant par rapport à M_y, en général. Il y a exception pour le point

$$\delta = \sin\psi = 0.$$

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 416.

On a, en ce point,

$$M_x = 0, \qquad M_y = \pm B \frac{P}{2} J.$$

Nous passons du mouvement élémentaire au mouvement dit *correspondant*, en posant

$$\delta = \Delta \sin \lambda,$$

Δ étant l'écart dans le mouvement élémentaire, λ étant donné et $\sin\lambda$ étant positif.

Le mouvement correspondant a pour image une courbe enroulée autour de la solution simple définie par la valeur de λ, et ayant pour support un axe OA dans OHN.

Dans ce cas, M_x n'est pas nécessairement prépondérant par rapport à M_y. En outre, le signe de M_y n'est pas nécessairement constant. Considérons le mouvement élémentaire et deux extrema consécutifs de ψ. Nous avons, en ces points,

$$M_y = B(P\,\delta' + P'\,\delta).$$

Lorsque le premier terme est prépondérant, M_y change de signe comme δ'. Considérons maintenant le mouvement correspondant et les extrema de δ. Nous avons, en ces points,

$$p = -J \cos\psi.$$

Lorsque le terme $-\omega p$ est prépondérant, M_y change de signe comme p, lorsque ψ est remplacé par $\pi - \psi$, c'est-à-dire lorsque l'axe OA est remplacé par l'axe symétrique par rapport à OH'. On peut encore noter que M_y n'est pas indépendant de ψ', si le mouvement gyroscopique n'est pas régi par la deuxième équation de Mayevski.

Il résulte de ces faits que la valeur de M_y dépend du mouvement gyroscopique, et ceci paraît conforme à la nature des phénomènes aérodynamiques.

Si l'on étudie le mouvement gyroscopique, en représentant M_y par une *fonction quelconque* des paramètres δ et ψ, on n'obtiendra pas les diverses classes de solutions qui font l'objet de cette Note, et qui ont une signification physique intéressante.

SPECTROSCOPIE. — *Application des spectres d'absorption infrarouges à la détermination de la position de la double liaison dans des carbures éthyléniques, obtenus par déshydratation d'alcools secondaires et tertiaires.* Note de MM. **Marcel Tuot**, **Jean Lecomte** et Mlle **Simone Lorillard**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous proposons de montrer que les spectres d'absorption infrarouges, principalement dans la région comprise entre les fréquences de 700 et 1000 cm^{-1} environ, permettent de suivre la manière dont se fait la déshydratation d'alcools secondaires et tertiaires. Nous verrons que l'on peut fixer, avec une assez grande certitude, la position de la liaison éthylénique dans les carbures ainsi obtenus, et, en particulier, mettre en évidence des phénomènes de migration de cette double liaison. Les conclusions auxquelles on aboutit ainsi sont en entier accord avec celles que donnent les méthodes chimiques, mais elles permettent de les compléter sur plusieurs points, en raison de la sensibilité particulière de la méthode spectroscopique. En particulier, quand il s'agit d'un mélange d'isomères, à faible pourcentage d'un ou plusieurs des constituants, le recours à l'infrarouge complète, d'une manière heureuse, l'analyse chimique, dont l'emploi se révèle parfois très difficile dans ces conditions.

En plus, nous rappelons que l'obtention des spectres infrarouges ne réclame que de très faibles quantités de matière, ce qui permet, sans perte sensible, l'étude des produits obtenus au cours de la préparation. En outre, dans les conditions de l'expérience, les radiations de grande longueur d'onde utilisées n'ayant aucune action photochimique, les molécules sont examinées dans leur état réel, alors que, avec certaines méthodes d'analyse chimique, on pourrait craindre, surtout avec des carbures éthyléniques, des modifications dans la structure.

Au cours de recherches antérieures, l'un de nous était arrivé aux conclusions que nous rappelons, et que ces présentes études permettent de confirmer (1) : s'il s'agit de carbures éthyléniques, ramifiés ou non ramifiés, mais dans lesquels les atomes de carbone doublement liés ne sont pas substitués, il existe deux bandes fortes vers 990 et 910 cm^{-1}, ou vers 960 et 910 cm^{-1}, suivant que la double liaison est ou non en bout de

(1) J. Lecomte, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1501; P. Lambert et J. Lecomte, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1007.

chaîne. Si nous avons affaire à des carbures, dans lesquels se trouve un atome de carbone tertiaire, doublement lié, les maxima apparaissent vers 960 et 880 cm^{-1} en moyenne. Les différences dans la position de ces bandes sont, on le voit, assez importantes pour permettre l'application de la méthode au cas où il s'agit de *mélanges d'isomères*. Pour aider à la détermination de la position de la liaison éthylénique, il est commode d'avoir recours à une bande, située vers 725 cm^{-1}, et dont l'intensité est en relation avec la longueur de la chaîne carbonée, sans double liaison ni ramification, qui existe dans la molécule. S'il y a moins de quatre atomes de carbone successifs, sans ramification ni double liaison, la bande de 725 cm^{-1} n'apparaît généralement pas.

Nous avons utilisé des échantillons d'une vingtaine de carbures, soigneusement rectifiés et obtenus par déshydratation sur le sulfate de cuivre anhydre, suivant la méthode indiquée. La déshydratation des alcools secondaires, en particulier, donnant plusieurs produits, il était indispensable de contrôler, par l'analyse spectroscopique, les résultats acquis au cours de l'étude chimique de la déshydratation ([2]).

Avec tous les alcools secondaires ou tertiaires que nous avons examinés et qui ont été décrits précédemment, les produits de déshydratation examinés ne donnent pas lieu à l'observation des deux bandes fortes de 990 et 910 cm^{-1}. Par conséquent, il n'existe pas de liaison éthylénique en position 1.2, en accord avec l'étude chimique.

L'absorption infrarouge montre qu'il est possible d'obtenir des hydrocarbures à chaîne linéaire, exempts d'isomères. Ainsi la déshydratation de l'heptanol-4, de l'octanol-4 et du nonanol-3 conduit à des produits qui présentent deux bandes vers 910 et 960 cm^{-1} avec une position de la double liaison, que l'on peut contrôler en étudiant l'intensité de la bande de 725 cm^{-1}.

Si l'on déshydrate le méthyl-2 heptanol-3, le diméthyl-2.5 hexanol-3, le diméthyl-2-6 heptanol-3, on observe, sur le produit rectifié, la présence des très fortes bandes vers 880 et 960 cm^{-1} ; ce qui prouve que la double liaison est fixée uniquement sur le carbone tertiaire. C'est la caractéristique des hydrocarbures obtenus à partir des alcools tertiaires (méthyl-2 hexanol-2, éthyl-5 nonanol-5 et d'autres alcools déjà cités) ([3]).

Avec les méthyl-2 octanol-4 et méthyl-2 octanol-5, l'étude chimique avait

([2]) MARCEL TUOT, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 561.

([3]) A. ANDANT, P. LAMBERT et J. LECOMTE, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 391.

fourni deux catégories d'hydrocarbures; à savoir : le carbure normalement attendu, et un produit de transposition. L'étude spectroscopique du produit normal révèle, par la présence de la bande de 880 cm^{-1}, qu'il est impossible d'obtenir ce dernier à l'état pur.

S'il s'agit d'alcools disubstitués, comme le diméthyl-2.6, heptanol-4 et le diméthyl-2.7 octanol-4, les conclusions chimiques se trouvent vérifiées. Il existe une très forte bande vers 880 cm^{-1}, qui confirme la présence de la double liaison sur le carbone tertiaire, dans la presque totalité du produit. Néanmoins la sensibilité de la méthode infrarouge permet de déceler, dans la fraction étudiée, l'existence de traces des dérivés que prévoit habituellement la théorie.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une stilliréaction de l'ammoniac.* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Aimé Cotton.

Mettant d'une part à profit un certain nombre de recommandations données par M. Cotton (¹) pour l'argenture des glaces, utilisant d'autre part un dispositif optique simple, j'ai perfectionné les méthodes indiquées par Zenghelis (²) et par Makris (³) pour rechercher l'ammoniac *à la goutte*.

La réaction s'effectue dans un petit tube de verre de 18^{mm} de haut et de 5^{mm} de diamètre intérieur, fermé à un bout et bien dressé (par exemple avec du carborandum) sur sa base supérieure qui porte une petite encoche pour le dégagement gazeux. Le tube, lavé préalablement avec l'acide azotique, la potasse et l'eau distillée, est conservé dans celle-ci. Il est essuyé avec du coton hydrophile au moment de l'emploi; il reçoit alors une microgoutte de substance à analyser et une goutte de soude 2N introduite avec une pipette très effilée pour que l'ouverture du tube reste exempte d'alcali; il est immobilisé verticalement par un carton noir dans un petit creuset contenant du sable et chauffé vers 40° sur un microbrûleur. Sur le tube est posée horizontalement une lame de verre carrée de 8^{mm} de côté, optiquement travaillée. Cette lame est essuyée avec un tampon de colcotar, puis avec du coton hydrophile. On place sur sa face supérieure une grosse

---

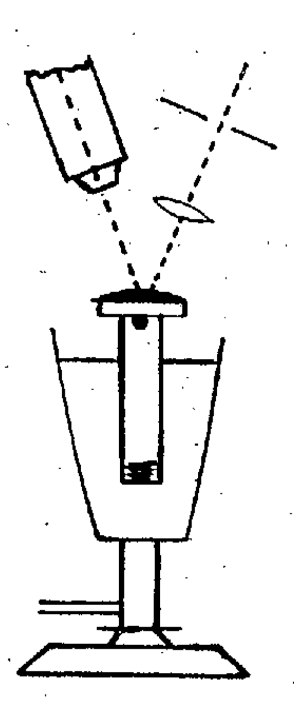
(¹) *Revue d'Optique*, 3, 1923, p. 57.

(²) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 143.

(³) *Zeitschrift für analytische Chemie*, 81, 1932, p. 212.

goutte d'eau qui servira de lentille convergente et de réfrigérant, et sur sa face inférieure une microgoutte de réactif, en s'arrangeant pour que celui-ci ne touche pas le bord du tube de verre. Le réactif est obtenu en plaçant dans une cavité de la plaquette à touche, 1^{cm^3} d'une solution aqueuse de nitrate d'argent à 20^g par 100^{cm^3} d'eau bidistillée, puis une goutte de $1/25^e$ de centimètre cube de solution commerciale d'aldéhyde formique à 40 %. On remue avec un agitateur pointu et on prélève environ une goutte de $1/100^e$ de centimètre cube.

La région avoisinant cette microgoutte est éclairée obliquement comme l'indique la figure (incidence voisine de 30°), par exemple par une lampe



de galvanomètre masquée par un écran noir percé d'un trou d'aiguille. L'image de ce trou est faite sur la goutte de réactif à l'aide d'une lentille convergente. Tant que le verre n'est pas argenté, les rayons incidents sont réfractés pour la plus grande partie et dirigés vers le bas. Dès que l'argenture est formée, c'est-à-dire s'il y a de l'ammoniac dans l'essai ou s'il s'en produit par réaction, on observe, dans un microscope dont le tube est convenablement incliné, une brusque apparition de lumière.

Le réglage du microscope est très simple. Son miroir est enlevé; la lame de verre travaillée est remplacée préalablement par une lame argentée provenant d'une opération précédente ou par un petit miroir de galvanomètre. On incline le tube du microscope jusqu'à ce qu'on observe le maximum de lumière. Après quoi, ayant remplacé le miroir par la lame de verre en expérience, toujours éclairée, on éloigne l'objectif à l'aide de la vis de mise au point de façon à obtenir, cette fois, le minimum de lumière.

L'apparition du faisceau réfléchi est encore plus nette si la lentille

servant à faire l'image sur la préparation n'est pas corrigée des aberrations chromatiques. On observe alors dans le microscope les vives couleurs habituelles.

L'addition d'une trace de nitrate de cuivre au réactif augmente la solidité de l'argenture mais ne change pas la sensibilité; l'emploi d'aldéhyde formique est préférable, pour le but proposé, au glucose, au sel de Seignette, au tannin, à l'essence de girofle. Même si le miroir formé n'est plus visible à l'œil nu, il indique cependant la présence de traces d'ammoniac. Toutefois, pour les faibles doses, il conviendra de faire un essai à blanc avec l'eau bidistillée, car le réactif peut laisser précipiter spontanément de l'argent. Il est vrai que cet argent est le plus souvent grisâtre et forme rarement un bon miroir. Ainsi perfectionnée, la méthode permet de déceler moins de $0^{\gamma},003$ d'ammoniac avec une sensibilité relative voisine de 3.10^{-7}.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition de l'acide tétramétaphosphimique.* Note [1] de M. **Armand Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les recherches que j'ai effectuées en vue de déterminer la structure des chlorures de phosphonitrile et de leurs dérivés [2] m'ont amené à entreprendre l'étude de la décomposition thermique de l'acide tétramétaphosphimique hydraté $P^4N^4O^8H^8, 2H^2O$.

Résultats expérimentaux. — Le mode opératoire était le suivant : des échantillons de poids connus étaient chauffés jusqu'à poids constant, chacun à une température donnée, sous une pression réduite de l'ordre de $1/10^e$ de millimètre de Hg et en présence d'anhydride phosphorique. Le produit ainsi obtenu était ensuite analysé de manière à en déterminer le taux d'azote. Jusqu'à 300°, les seules substances volatiles résultant de la décomposition sont l'eau et l'ammoniac. Au-dessus de cette température, il se forme progressivement, dans les parties froides de l'appareil, un sublimé blanc d'anhydride phosphorique à peu près pur. Enfin, à partir de 750°, on observe un dégagement d'azote, en même temps qu'il se sublime du paranitrure de phosphore $(PN)_n$. Les courbes ci-contre donnent, en

---

(1) Séance du 25 novembre 1940.

(2) *Annales de Chimie*, 12, 1939, p. 168 à 280.

fonction de la température : *a.* la perte de poids % (*fig.* 1, courbe I); *b.* la perte d'azote % (*fig.* 1, courbe II); *c.* la variation du taux d'azote dans le produit décomposé (*fig.* 2).

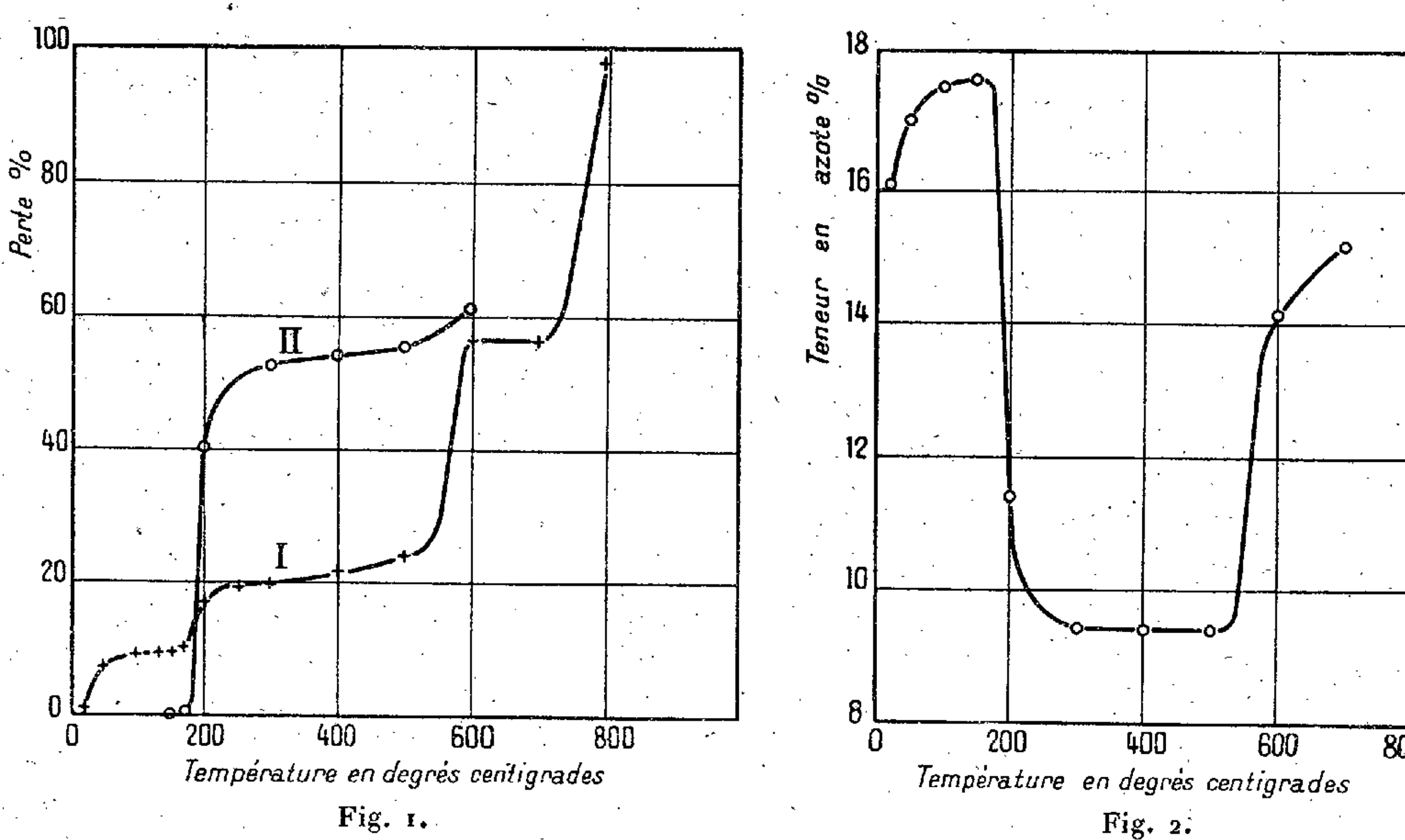


Fig. 1.   Fig. 2.

Fig. 1. — Décomposition thermique de $P^4N^4O^8H^8$, $2H^2O$: Perte de poids % (courbe I); perte d'azote % (courbe II).

Fig. 2. — Teneur en azote du produit résultant de l'action de la chaleur sur l'acide tétramétaphosphimique.

Interprétation. — I. La perte de poids au-dessous de 100° correspond, comme j'ai déjà eu l'occasion de l'indiquer ailleurs (*loc. cit.*, p. 178), à la déshydratation de l'acide hydraté en acide anhydre (A), suivant la réaction

$$P^4N^4O^8H^8, 2H^2O = P^4N^4O^8H^8 + 2H^2O,$$

et le palier de 100 à 150° détermine la zone de stabilité de l'acide anhydre. (Perte de poids trouvée, 9,7 %; calculée, 10,2 %.)

II. La nouvelle perte de poids au-dessus de 170° et jusqu'à 250-300° marque ensuite la décomposition proprement dite de l'acide tétramétaphosphimique. D'après cette perte de poids et le taux d'azote du produit final ([3]), on voit que la transformation s'effectue sensiblement suivant la réaction

$$P^4N^4O^8H^8 = 2P^2NO^4H + 2NH^3.$$

([3]) Perte de poids % trouvée, 17,4 à 19,7; calculée pour la formation de P^2NO^4H, 19,9 %; N % trouvé, 9,4; calculé pour P^2NO^4H, 9,9.

La substance P^2NO^4H ainsi formée est très hygroscopique. Sa solution aqueuse présente toutes les propriétés chimiques de l'acide imidodiphosphorique $P^2NO^6H^5$ (B). Par ailleurs, l'eau absorbée par P^2NO^4H ne peut plus être ensuite complètement enlevée par déshydratation sous pression réduite, en présence d'anhydride phosphorique, et la quantité d'eau qui demeure fixée définitivement correspond approximativement à $2H^2O$ par molécule P^2NO^4H ([4]), comme l'exige la réaction

$$P^2NO^4H + 2H^2O = P^2NO^6H^5.$$

Nous croyons donc pouvoir considérer le composé P^2NO^4H comme étant l'anhydride de l'acide imidodiphosphorique, et nous lui attribuons en conséquence la structure ci-dessous (C)

NH POOH / POOH NH / NH POOH / POOH NH (cycle)
(A).

$(OH)_2P(=O)-NH-P(=O)(OH)_2$
(B).

$O_2P-NH-PO_2$
(C).

III. L'anhydride P^2NO^4H se décompose à son tour au-dessus de 300° d'une manière complexe en dégageant à la fois de l'ammoniac, peut-être de l'eau, et de l'anhydride phosphorique. La formation de l'oxyde de phosphonitrile OPN ([5]), à titre de composé intermédiaire, paraît assez vraisemblable, étant donné l'ensemble des phénomènes observés.

Il est intéressant de remarquer que l'ouverture du cycle phosphonitrilé tétramère s'effectue de la même manière sous l'action de la chaleur et sous celle de l'eau puisque l'on obtient, dans le premier cas, l'anhydride imidodiphosphorique, alors que dans l'autre cas on a l'acide lui-même ([6]).

([4]) Trouvé pour le produit P^2NO^4H préparé à 200°, $1{,}87H^2O$; pour le produit obtenu à 300°, $2{,}09\ H^2O$.

([5]) G. Wétroff, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 668.

([6]) Stokes, *Amer. Chem. Journ.*, **18**, 1896, p. 629.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acide tétraphényldihydronaphtacènedicarboxylique* $C^{44}H^{30}O^{4}$; *sa pyrolyse*. Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Nicolas Drisch**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il avait été montré ([1]) que le tétraphénylnaphtacène (ancien rubrène) fixait deux atomes de sodium dont les positions, ainsi que celles des hydrogènes des dihydrures correspondants, se trouvent être en 9.10 ([2]). Nous avons utilisé le même dérivé disodé pour obtenir un diacide, l'acide tétraphényl-9.10.11.12-dihydro-9.10-naphtacène dicarboxylique-9.10 ($C^{44}H^{30}O^{4}$), (I).

Le corps se prépare en faisant réagir, avec les précautions convenables, le sodium puis l'anhydride carbonique sur le tétraphénylnaphtacène. On purifie le sel de sodium par lavage aux solvants et l'on termine par une série de cristallisations dans l'éther. On obtient ainsi un corps incolore, retenant une demi-molécule d'éther et fondant instantanément avec décomposition à 359-360° (bloc). Ses sels n'ont été obtenus qu'à l'état amorphe : ils forment des gelées très peu solubles dans l'eau même à chaud, mais solubles à chaud dans l'alcool. L'acide libre est peu soluble dans la ligroïne, le benzène et le sulfure de carbone, plus soluble dans l'éther, très soluble dans l'acétone à froid et dans l'alcool à chaud.

Nous avons étudié la décomposition thermique. Elle débute vers 200°, avec coloration rouge, et se termine déjà en dessous de 250°. Il se dégage un gaz constitué, après élimination des vapeurs d'éther de cristallisation, par un mélange d'anhydride carbonique et d'oxyde de carbone dans la proportion de 87,5 % du premier et 12,5 % du second. Dans le résidu on a caractérisé, comme produits principaux, du dihydro-9.10-tétraphényl-9.10.11.12-naphtacène (II), et du tétraphényl-9.10.11.12-naphtacène (III). Il y avait en outre de petites quantités d'un corps jaune en aiguilles, fondant à 240° (bloc), probablement identique à un corps signalé précédemment ([1]) en faible proportion dans les produits d'hydrogénation du tétraphénylnaphtacène, et enfin un autre corps, simplement entrevu, qui cristallise en fuseaux jaunes.

Le dihydrure (II) fond instantanément (bloc) à 230° et à 227° au bain de paraffine : il est identique à l'un des deux diastéréoisomères obtenus

---

([1]) Ch. Dufraisse, B. Masumoto et R. Buret, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 74.
([2]) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1857.

par addition d'hydrogène au tétraphénylnaphtacène ([1]). Sa formation résulte d'une décarboxylation normale par perte de CO^2, (I) → (II), dont il n'y a rien à dire, sinon qu'elle est particulièrement facile.

Par contre la production de tétraphénylnaphtacène correspond à une réaction assez inhabituelle. Elle consiste en l'élimination des éléments de l'acide oxalique, $CO^2H—CO^2H$: (IV) → (V), justifiant la présence imprévue d'oxyde de carbone. Alors que dans la décarboxylation ordinaire il ne part que de l'anhydride carbonique, c'est le carboxyle tout entier, $—CO^2H$, qui se détache dans la singulière transformation relatée ici : en bonne logique, ce serait même à celle-ci que devrait être réservé le nom de décarboxylation.

Comme mécanisme il faut écarter l'hypothèse d'un passage par l'intermédiaire du dihydrure (II), qui se déshydrogénerait en (III). D'abord le dihydrure est stable aux températures où se produit la pyrolyse ([3]), et surtout il y aurait de l'hydrogène dans le gaz dégagé, tandis que l'oxyde de carbone en serait absent.

On peut envisager aussi l'arrachement pur et simple du carboxyle, (IV) → (V), dont le sort ultérieur se réglerait par couple avec un congénère. Il y aurait alors dismutation entre deux carboxyles, soit directement, soit après union en une molécule réelle d'acide oxalique, dont la pyrolyse fournit justement un mélange d'anhydride carbonique et d'oxyde de carbone.

Nous préférons cependant le mécanisme suivant : il se formerait tout d'abord l'anhydride cyclique, (VI), lequel ne pourrait pas se dissocier autrement qu'en abandonnant $CO + CO^2$. En réalité ce serait une pyrolyse d'anhydride, alors que la décarboxylation normale serait une pyrolyse d'acide.

Remarquons toutefois que n'importe quel anhydride ne sera pas apte à se décomposer de la sorte. Sa structure doit être telle qu'elle se prête à un réarrangement permettant à la molécule de retrouver un nouvel équilibre après la dissociation : les deux liaisons devenues libres doivent avoir la faculté de se réintégrer sans plus dans le système, par création d'une liaison multiple supplémentaire, comme le montre par exemple le passage de la formule (IV) [ou (VI)] à (V). De même l'anhydride succinique, $\begin{matrix} CH^2—CO \\ | \\ CH^2—CO \end{matrix} \!\!>\! O$, pourrait se dissocier en $CO + CO^2$, les deux liaisons libérées

([3]) CH. DUFRAISSE, L. VELLUZ et Mme L. VELLUZ, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1073.

se rejoignant pour former de l'éthylène, $CH^2=CH^2$. Mais il n'en sera pas ainsi pour d'autres anhydrides, comme l'anhydride phtalique, où les liaisons éventuellement libérées n'auraient pas leur place dans le système résultant.

Une autre condition, non nécessaire celle-ci mais favorisante, est le relâchement de la force de liaison qui retient les carboxyles. Cette propriété appartient aux mésosommets des acènes mésoarylés [(4), voir aussi (3)], arylnaphtacènes entre autres, comme dans l'exemple actuel. Elle est aussi la cause de la dissociabilité des photooxydes où l'oxygène repose sur les mêmes sommets. Par suite, le phénomène de pyrolyse qui vient d'être décrit est associé par ses causes au phénomène général de l'union labile de l'oxygène au carbone, puisqu'il consiste en une dissociation vraie rappelant celle des photooxydes.

C^6H^5 CO^2H C^6H^5 — $-2CO^2$ → — C^6H^5 H C^6H^5 — C^6H^5 C^6H^5

C^6H^5 CO^2H C^6H^5 — C^6H^5 H C^6H^5 — C^6H^5 C^6H^5

(I). (II). (III).

C^6H^5 CO^2H CO^2H C^6H^5 — $-(CO^2H)^2$ → — C^6H^5 C^6H^5 — $-CO$ $-CO^2$ ← — CO CO O

(IV). (V). (VI).

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Polarisation des raies Raman et de la lumière de fluorescence du naphtalène-cristal.* Note (1) de MM. **Hilmi Benel**, **Alfred Kastler** et **Auguste Rousset**.

Sur de beaux monocristaux de naphtalène que nous avons obtenus, nous avons pu étudier, avec des spécimens convenablement taillés et polis, quelques propriétés optiques de ces cristaux dont la biréfringence est très élevée.

(4) Voir à ce sujet Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 427.

(1) Séance du 25 novembre 1940.

1. *Spectre Raman.* — La transparence des échantillons a permis de compléter la connaissance du spectre Raman du naphtalène.

Les raies suivantes ont été enregistrées :

393 M, 508 TF, 726 f, 763 Tf, 786 f, 940 tf, 952 f, 980 tf, 1024 TF, 1147 F, 1168 M, 1244 M, 1382 TTF, 1446 f, 1463 F, 1577 TF, 1596 tf, 1630 M, 3055 f.

(TF, très fort; F, fort; M, moyen; f, faible; tf, très faible.)

L'un de nous a étudié pour toutes les orientations possibles du cristal et du vecteur excitateur la polarisation des raies les plus intenses : 508, 763, 1024, 1147, 1382, 1463 et 1577 cm^{-1}. Chaque raie se comporte d'une façon caractéristique. Ainsi, pour les raies 763 et 1024 par exemple, la composante principale du moment électrique de la vibration réémise est parallèle à la vibration incidente; pour la raie 1147 cm^{-1} au contraire elle lui est perpendiculaire. Les autres raies se comportent d'une manière plus complexe.

Des mesures de polarisation des raies du naphtalène fondu ont donné les résultats suivants :

cm^{-1}	515	763	1028	1382	1460	1577
ρ	0,47	0,23	0,28	0,28	0,39	0,85

Alors que, pour le benzène et dans le même domaine de fréquence, 5 raies sur 6 sont dépolarisées, l'inverse a lieu pour le naphtalène : une seule des 6 raies, 1577 cm^{-1}, est dépolarisée et correspond par conséquent à une vibration antisymétrique.

2. *Polarisation de fluorescence.* — En incorporant aux cristaux de naphtalène un peu d'anthracène, une étude de la polarisation de la fluorescence bleu intense de ces cristaux, excités en lumière de Wood, a pu être faite en variant l'orientation du cristal et de la vibration excitatrice.

Connaissant l'orientation des molécules dans le cristal (2), et en admettant avec Krishnan et Seshan (3) que les molécules de l'impureté s'orientent comme celles de la substance principale, on a pu en déduire comment la vibration de fluorescence est orientée par rapport à la molécule. Nous avons vérifié que cette vibration n'a pas de composante perpendiculaire au plan moléculaire, et nous avons constaté qu'à l'intérieur de ce plan la compo-

(2) J. M. Robertson, *Proc. Royal Soc.*, A, **140**, 1933, p. 79; **142**, p. 674.

(3) *Acta Physica Polonica*, 5, 1936, p. 289; *Raman Jubilee Volume*, 1938, p. 487.

sante suivant le petit axe de la molécule est bien plus importante que suivant le grand axe.

On trouvera dans une autre publication le détail de la technique et des résultats ([4]).

MICROPALÉONTOLOGIE ET MORPHOGÉNIE. — *Sur une structure réticulée méconnue du squelette des Silicoflagellidées.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'avais mentionné ([1]) un spécimen d'une Silicoflagellidée tertiaire, présentant sur l'aire apicale une ornementation réticulée, apparemment exceptionnelle, dont j'ai tiré un de mes arguments. Reprenant l'étude du squelette des Silicoflagellidées et me plaçant dans des conditions d'examen optimales, j'ai pu constater que cette structure réticulée, loin d'être une rareté, *se retrouve, sinon chez toutes, au moins chez un grand nombre de Silicoflagellidées, depuis le secondaire jusqu'à l'époque actuelle.*

L'importance de ce fait dépasse de beaucoup le cadre d'une simple observation morphologique, par suite de sa répercussion, d'une part sur la phylogénie et la systématique des Silicoflagellidées, d'autre part sur les problèmes généraux en relation avec la texture fine de la silice de constitution des Êtres organisés.

Que la structure analysée ici ait été méconnue jusqu'à présent, cela ne s'explique que par la difficulté de sa perception dans la plupart des cas, en particulier lorsque les squelettes sont simplement montés dans du baume de Canada. Outre des conditions optiques les plus parfaites possibles, l'observation requiert le montage des squelettes dans des milieux à haut indice de réfraction (hyrax, résine de coumarone). Je donne ci-après la liste des principales espèces sur lesquelles ont été faites des observations positives, en les désignant par leurs noms usuels.

Secondaire (Crétacé supérieur). — *Vallacerta hortoni* Hanna (*fig.* 1), *Lyramula furcula* Hanna (*fig.* 3), *L. simplex* Hanna, *Corbisema geometrica* Hanna, *Dictyocha quadralta* Hanna.

Tertiaire (Éocène, Oligocène, Miocène). — *Dictyocha crux* Ehr. *s. lat.* (*fig.* 4), *D. fibula* Ehr., *D. fibula* Ehr. var. *aspera* Lemm. (*fig.* 5), *D. biapiculata* Lemm.

([4]) Hilmi Benel, *Thèse Sciences*, Bordeaux, 1940.

([1]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 446.

s. lat. (*fig.* 6), *D. deflandrei* Freng. (*fig.* 7), *D. fibula* Ehr. *forma* (*fig.* 2), *D. boliviensis* Freng., *D. speculum* Ehr. (grandes et petites formes), *D. triacantha* Ehr. *s. lat.*

QUATERNAIRE ET ÉPOQUE ACTUELLE. — *Dictyocha fibula* Ehr.

L'examen de mes figures montre qu'en plus du reticulum, certains squelettes possèdent des ombilics *externes* (*fig.* 2) ou *internes* (*fig.* 5), qui s'ajoutent aux ornements déjà connus.

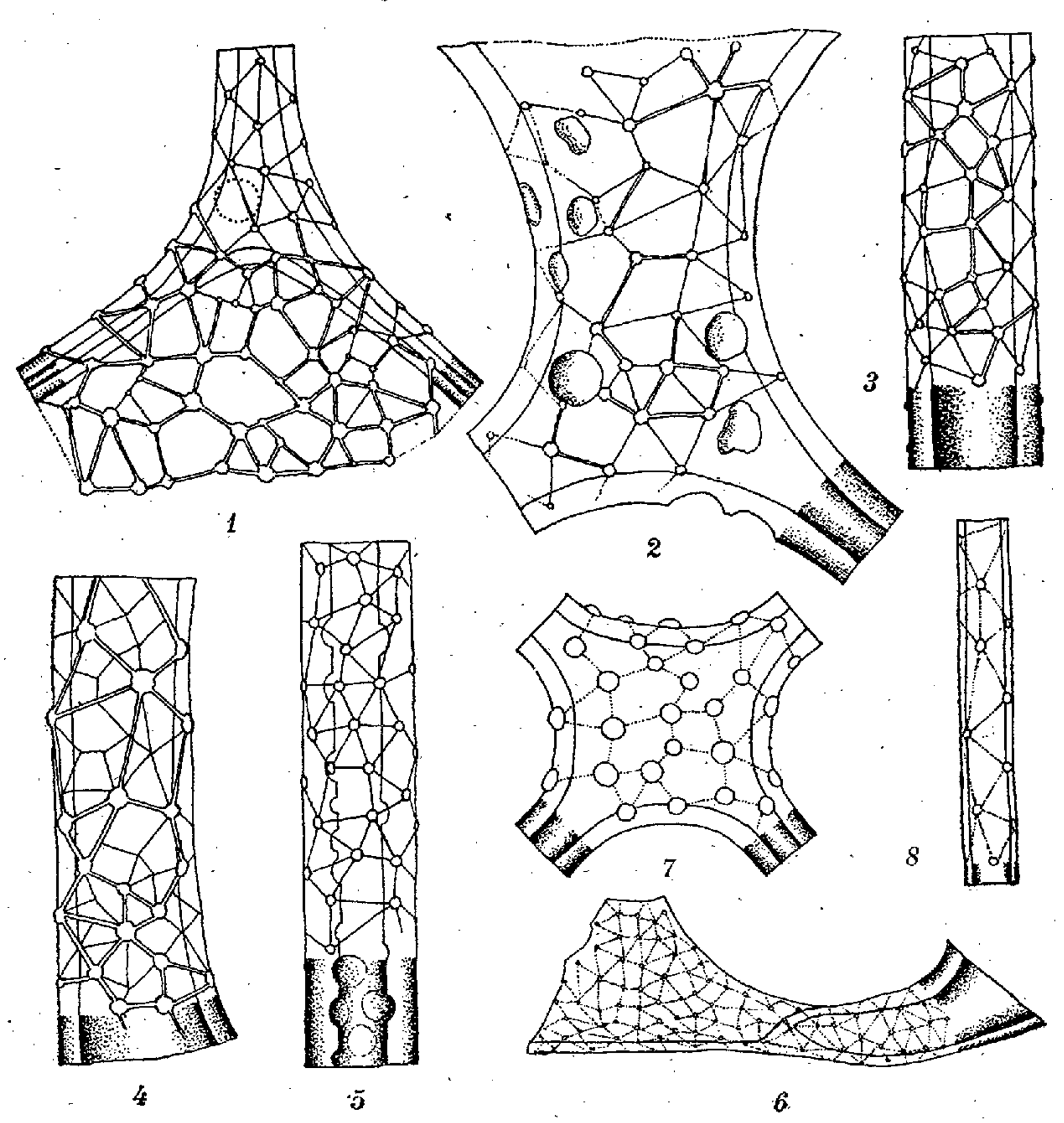


Fig. 1 à 7. — Portions du squelette de diverses espèces de Silicoflagellidées. (Les parties ombrées aux extrémités des figures mettent en évidence la nature tubulaire des squelettes). 1, *Vallacerta hortoni* Hanna; 2, *Dictyocha fibula* Ehr. *forma*; 3, *Lyramula furcula* Hanna; 4, *Dictyocha crux* Ehr.; 5, *D. fibula* Ehr. var. *aspera* Lemm.; 6, *D. biapiculata* (Lemm.); 7, *D. deflandrei* Freng. — Fig. 8. — Soie d'une Diatomée, *Chætoceros* spec. Grossissement uniforme : 3.000.

La structure réticulée des squelettes, généralement plus forte sur la zone apicale, décroît vers les cornes basales. Elle est toujours plus faiblement marquée et souvent indiscernable sur les jeunes squelettes. Elle est aussi

très variable suivant les espèces, parfois très forte (*fig.* 1, 4), parfois atteignant les limites de la visibilité (*fig.* 6). D'ailleurs, il est probable que d'autres méthodes reculeront encore les frontières actuelles de nos observations. Dès maintenant, je puis citer l'*argenture légère du squelette*, que je n'ai pas encore appliquée aux Silicoflagellidées, mais qui m'a permis de découvrir, sur les soies de plusieurs Diatomées pélagiques [*Chætoceros* (*fig.* 8), *Bacteriastrum*], une ornementation réticulée analogue à celle des Silicoflagellidées. Il y a là, soit dit en passant, un nouvel argument en faveur des vues développées par Pascher ([2]) sur les relations phylétiques des Diatomées et des Chrysomonadines.

D'un point de vue général, enfin, je remarque que la puissance du reticulum *présente une variation continue*, allant depuis la parfaite visibilité, avec un objectif d'ouverture numérique 0,65 et une différence d'indices de réfraction entre l'objet et le milieu de 0,08, jusqu'à la perception limite avec une ouverture numérique de 1,30 et une différence d'indices de 0,31, les cônes d'éclairement étant bien entendu optima. Je suis conduit, dès lors, à émettre l'hypothèse que le reticulum existe également là où nos moyens actuels ne nous permettent plus de le voir, hypothèse qui me paraît susceptible d'aider à éclaircir le mécanisme de la genèse intracellulaire des structures superficielles des éléments siliceux de constitution.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature de la thèque originelle des Péridinites.* Note de M. **Marcel Lefèvre**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

La question de la nature primitivement cellulosique ou siliceuse de la thèque des *Péridinites* vient de faire l'objet d'une Communication qui appelle une mise au point de ma part ([1]).

L'une des raisons qui m'ont fait opter pour la nature primitivement cellulosique des Péridinites est que, si la thèque de ces organismes avait été originellement siliceuse, on trouverait actuellement leurs restes dans la multitude des dépôts de toute nature et de toutes provenances qui ont été examinés attentivement depuis une centaine d'années par de nombreux

---

([2]) *Arch. f. Protistenk.*, **48**, 1924, p. 196.

([1]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 265.

chercheurs. On trouve en effet fréquemment, en masses énormes, les squelettes des autres organismes originellement siliceux (Silicoflagellés, Diatomées, Radiolaires etc.) qui avaient même habitat.

Mon contradicteur dit avoir éliminé cet argument parce qu'après sept années il vient de découvrir une nouvelle station à Péridinites, ce qui porte à trois seulement le nombre des localités à Péridinites actuellement connues.

Je n'en persiste pas moins à croire que les Péridinites restent très rares à la surface du globe et ceci, parce que leur fossilisation a exigé un concours de circonstances qui n'ont été qu'exceptionnellement réunies.

L'auteur souligne ensuite que, contrairement à ce que j'ai pu observer sur les Péridinites des Barbades, les espèces qu'il a rencontrées sont plus fréquentes à l'état de thèque entière et intacte que brisée. Il m'est facile de répondre au reproche d'avoir commis des erreurs d'interprétation, d'avoir pris des bris accidentels de thèques (par compression ultérieure du dépôt) pour des lacunes ouvertes naturellement dans les organismes, de leur vivant, au moment de leur multiplication. Il me suffira en effet de reproduire les passages suivants d'une Note publiée ici en 1933 par moi-même (²) :

« La plupart des coques rencontrées sont incomplètes, mais on peut remarquer deux catégories de lacunes bien distinctes :

« *a*. Chez de nombreux individus, les plaques manquantes sont toujours les mêmes. Il y a eu désarticulation de la thèque par les lignes de sutures antapicales et suivant une portion du sillon transversal. La comparaison avec les espèces actuelles nous montre que ces lacunes sont normales. Elles indiquent simplement que les Péridinites se multipliaient au cours de leur vie végétative comme les *Peridinium* actuels, et des plaques sont manquantes parce qu'elles se sont séparées de la coque pour libérer des individus au stade *Gymnodinium*.

« *b*. Chez d'autres cellules, il n'y a pas eu désarticulation suivant les lignes de suture, mais bris de la thèque d'une manière absolument quelconque. Les Péridinites ont été brisés par pression, comme l'ont du reste été les Diatomées et Radiolaires qui les accompagnent. »

J'ai donc bien établi et souligné la part qu'il fallait imputer aux compressions du dépôt dans les lacunes actuellement visibles sur la thèque des Péridinites, et si j'ai cru devoir attribuer certaines d'entre elles à des causes physiologiques, c'est en toute connaissance de cause.

(²) *Comptes Rendus*, **197**, 1933, p. 81.

La surprise manifestée par l'auteur devant l'existence des lacunes naturelles implique, du reste, de la part de ce paléoprotistologue, une certaine méconnaissance de la biologie des Péridiniens.

Puisqu'il semble estimer que la majeure partie des thèques non brisées par compression doivent se trouver intactes dans les dépôts, quel mode de reproduction peut-il envisager pour ces organismes? Comment imaginer la sortie des jeunes individus hors d'une sphère qu'il suppose siliceuse, sans qu'elle soit disloquée au moins partiellement? Multiplication végétative, régénération de deux demi-cellules? On rencontrerait fréquemment, dans ce cas, des individus porteurs de sutures et d'ornementations d'âges très différents. Or il n'en est rien.

Enfin l'auteur laisse entendre qu'il a pu contrôler et infirmer mes conclusions grâce à l'examen de matériel provenant des Barbades (donc, dans son esprit, analogue au mien).

Or j'ai examiné une douzaine de préparations de terre fossile d'Oamaru (localité d'origine d'une espèce de Péridinites décrite par lui-même) venant de trois sources différentes et je n'y ai trouvé aucune trace de Péridinien. Il ne m'est cependant pas venu un instant à l'esprit de suspecter l'existence de l'espèce par lui décrite.

D'ailleurs, je développerai d'autre part des arguments d'un autre ordre, mais déjà, quoi qu'il en soit, on peut dire qu'actuellement aucune preuve sérieuse ne milite en faveur de l'hypothèse de la nature primitivement siliceuse des Péridiniens.

ZOOLOGIE. — *Structure et mode de fonctionnement de la glande pédieuse ventrale des Pourpres.* Note de M. **Paul-H. Fischer**, présentée par M. Louis Bouvier.

La glande pédieuse ventrale, qui suivant la remarque de Pelseneer (¹), se rencontre chez les Gastéropodes formant des oothèques, fut décrite par Carrière (²) puis Houssay (³) comme une cavité souvent plissée à parois glandulaires; chez les *Murex* l'organe serait double : partie postérieure conforme à la précédente description et partie antérieure fort différente, à

(¹) *Bull. Sc. France et Belg.*, 44, 1910, p. 4 et 5.
(²) *Arch. f. mikr. Anat.*, 21, 1882, p. 387.
(³) *Arch. Zool. expér. et gén.*, 2, 1884, p. 106.

paroi épaisse, ciliée, avec de rares cellules glandulaires remplies d'une sécrétion jaune (Carrière, *loc. cit.*, p. 419). Cunningham ([4]) puis Pelseneer ([1]) reconnurent à ces glandes un rôle génital (incubation et achèvement de l'oothèque), constaté notamment chez *Purpura lapillus* L.

La glande pédieuse ventrale se forme, chez la Pourpre, à la fin du deuxième mois de vie larvaire ([5]), mais sa *structure* n'a été étudiée ni chez la larve, où Portmann ([6]) semble lui attribuer un épithélium cilié, ni chez l'adulte. Mes recherches sur cet organe m'ont montré une grande différence de structure à cet égard entre les larves et les adultes.

Les larves de deux mois présentent en effet une grande invagination médio-ventrale à paroi formée de glandes muqueuses unicellulaires mises en relief par les colorants spécifiques (safranine, bleu de toluidine). Cette invagination pourrait passer pour une forme de rétraction ou une ébauche de la sole pédieuse, peu individualisée à ce stade, mais au stade suivant (trois mois) la sole pédieuse, mieux développée, coexiste avec l'invagination, dont Pelseneer ([5]) a signalé l'orifice à la face inférieure du pied.

Chez l'adulte l'organe est bien différent. Sa paroi, à peu près libre d'attaches avec les tissus voisins, est formée du côté antérieur par de très hautes cellules ciliées disposées en deux masses renflées, droite et gauche, et du côté postérieur par un épithélium lâche et mince. Cet aspect rappelle celui de la partie antérieure de la double glande des *Murex*, où Carrière avait signalé des éléments glandulaires. Mais chez la Pourpre je n'ai trouvé dans la paroi aucune forme de glande. Ceci étonne lorsqu'on voit que les auteurs récents attribuent aux parois de la glande pédieuse ventrale la sécrétion d'une grande partie au moins de l'oothèque, et que cette dernière peut être trouvée inachevée dans l'organe pédieux ventral.

J'émets l'hypothèse que la sécrétion qui participe à l'achèvement de l'oothèque émane d'éléments particuliers déjà signalés par Houssay au plancher de la *fente pédieuse antérieure*, et dont le rôle restait énigmatique. J'ai étudié ces éléments, cellules épithéliales en forme de bouteille et amas glandulaires plus profonds, tous très acidophiles, et je pense que c'est à ce tissu qu'appartiennent les rares cellules glandulaires signalées par Carrière au voisinage de la glande pédieuse ventrale des *Murex*.

Mon hypothèse est à rapprocher de celle suivant laquelle les coques de

---

([4]) *Nature*, 59, 1889, p. 57.

([5]) PELSENEER, *Mém. Acad. Roy. Belg.*, 3, 1911, p. 39 et pl. 10, fig. 4.

([6]) *Zeitschr. f. Morphol. u. Œkol. der Tiere*, 3, 1925, p. 538, fig. 17.

ponte des Planaires, formées par les cellules vitellogènes, seraient transformées chimiquement et rendues cohérentes par des sécrétions acidophiles de l'ootype.

Il reste à savoir par où la sécrétion atteindrait l'oothèque de la Pourpre : la disposition des amas glandulaires indique une sécrétion externe qui pourrait enduire l'oothèque à son passage près de la *fente* pédieuse, avant son entrée dans la glande pédieuse ventrale; le rôle de cette dernière se réduirait alors à celui d'une matrice où l'oothèque, qui paraît n'y séjourner que peu de temps, se consoliderait et prendrait sa forme.

D'autre part j'attire l'attention sur la musculature qui environne cet organe chez l'adulte : la paroi que j'ai décrite est entourée, du côté antérieur, par un demi-manchon d'arcs musculaires. Je pense que ces muscles ont un rôle dans l'expulsion de l'oothèque, car j'ai constaté que dans la nature cette expulsion est accompagnée de contractions musculaires et aussi parfois d'un retournement partiel de la glande pédieuse ventrale. Le rôle de ces muscles circulaires pourrait être comparé à celui des muscles utérins des Vertébrés.

Quant au nom de glande pédieuse ventrale, il me paraît impropre dans le cas de la Pourpre, le caractère glandulaire n'étant pas prouvé, et je propose de le remplacer par *ootype* ou mieux *matrice de l'oothèque*.

ZOOLOGIE. — *Sur la réversibilité des processus du développement; observations sur une* Tornaria *indochinoise*. Note de M. **Constantin Dawydoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré ([1]) qu'une Némerte adulte (*Lineus*) peut revenir à un état *embryonnaire*, en se transformant en un organisme minuscule, qui ne se distingue en rien de l'embryon inclus dans la larve *Pilidium*. Pendant mon séjour au Laboratoire maritime de Caûda (Sud-Annam), je ne manquais jamais l'occasion de poursuivre mes recherches sur la réversibilité des processus du développement chez les Invertébrés marins. Une série d'expériences avec des Balanoglosses tout jeunes m'a fourni des résultats très intéressants et m'a donné l'idée d'élargir mes études, en prenant comme objet la larve *Tornaria*. En profitant de l'apparition d'un essaim considérable de *Tornaria*, pendant l'été de 1933, dans la baie de

([1]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1322.

Nhatrang, j'ai fait une série de tentatives pour provoquer la réduction morphologique de cette larve, en employant une méthode chimique. Après une série d'échecs, j'ai réussi à obtenir des résultats satisfaisants avec un lot de *Tornaria* de grande taille. Élevées dans des solutions très faibles de cyanure de potassium (II gouttes de solution de 0,01 % dans un litre d'eau de mer), ces larves ont subi une série de changements morphologiques très intéressants, consistant en une simplification remarquable de toute leur organisation.

Je dois tout d'abord souligner le fait que, pour amener une *Tornaria* à subir une réduction, il faut avoir la bonne fortune de tomber sur des individus se trouvant en état physiologique favorable (état qui résiste encore à notre analyse) et permettant à l'organisme de la larve de réaliser une dédifférenciation graduelle de ses tissus et organes, faute de quoi l'organisme, comme un tout, ne peut revenir à un état embryonnaire. Ainsi, dans mes expériences, je n'ai réussi qu'avec des larves qui se préparaient à commencer leur métamorphose. Elles se trouvaient alors dans un état où l'organisme se prépare à sortir de l'équilibre morphophysiologique acquis durant la longue pause larvaire, et mobilise, pour ainsi dire, toutes ses potentialités et toute la plasticité de ses éléments formatifs. Avec des *Tornaria* jeunes, je n'ai essuyé que des échecs, les modifications qu'elles subissent sont désordonnées et ne doivent être qualifiées que comme de simples régressions.

Le premier changement que j'ai observé dans mes *Tornaria* consiste en la disparition de leur organe locomoteur : les deux bandes ciliées périorales caractéristiques subissent une régression et finissent par disparaître. Au contraire, la ceinture préanale persiste et même manifeste parfois une tendance à se développer davantage. Le corps larvaire perd toutes ses concavités extérieures (circumorale et latérales) et diminue de taille. Dans la majorité des cas, de transparente qu'elle était, la larve devient tout à fait opaque. Cette opacité s'explique par des transformations que subissent, pendant la première période de la réduction, les parois extérieures de la larve; elles s'épaississent considérablement, ce qui entraîne, sans doute, le commencement de la diminution du volume du corps larvaire. Parallèlement, la cavité primaire, énorme chez la *Tornaria* normale, subit une régression très notable. La larve régularise sa forme en devenant d'abord ovalaire, ensuite presque sphérique; les orifices anal et buccal se ferment, la touffe syncipitale de cils disparaît. L'analyse histologique, sur les coupes, met en évidence la régression des cavités cœlomiques. Les deux

paires de vésicules cœlomiques de la région postérieure (méso- et métacœle) disparaissent en premier lieu, leurs parois se désagrègent en cellules isolées. Au contraire, le cœlome antérieur persiste longtemps, mais diminue fortement de taille. Il conserve son pore extérieur, mais ses parois commencent à se fusionner avec celles du tube digestif. Ce dernier, au stade plus avancé de la réduction de la larve, présente des changements très importants. L'estomac, l'œsophage et l'intestin postérieur (qui ont perdu leur communication avec le milieu extérieur) se trouvent remplacés par une masse unique de cellules entodermiques d'aspect embryonnaire. Une petite lumière, dernier vestige de la cavité digestive, persiste quelque temps au centre de cette pelote et, avant de disparaître, elle entre en communication directe avec le cœlome antérieur.

La Tornaria *est revenue au stade embryonnaire post-gastrulaire*, où les cavités cœlomiques paires n'existent pas encore et où, seule, la vésicule cœlomique antérieure impaire fait son apparition, en bourgeonnant sur l'apex de l'archentéron, qui, après la fermeture du blastopore, est resté isolé dans le blastocœle.

Une de mes *Tornaria* a subi une réduction encore plus avancée, le cœlome antérieur disparaissant aussi; la larve se trouve transformée en une vésicule ectodermique, dans laquelle je n'ai pu constater l'existence d'aucun organe : ils sont tous transformés en une masse cellulaire compacte et absolument homogène, faite d'éléments uniformes et qui manifestent un caractère véritablement embryonnaire. C'est tout ce qui reste des organes ento- et mésodermiques de la *Tornaria*, après la fusion des cellules isolées des parois désagrégées des cavités cœlomiques avec la masse entodermique du tube digestif dissocié.

Mes études présentent encore des lacunes, mais d'ores et déjà je ne puis m'empêcher de les rapprocher, dans une certaine mesure, des résultats constatés sur la réversibilité des processus, du développement chez les Némertes. Mes expériences avec les *Tornaria*, sans être aussi convaincantes, ne laissent aucun doute que nous ayons affaire à un phénomène du même ordre. La simplification histo- et morphologique remarquable que subissent ces larves, sous l'influence d'un milieu défavorable, ne peut être interprétée autrement que comme un *véritable retour à l'état embryonnaire* de l'organisme très évolué et se trouvant au seuil de sa transformation en l'animal adulte. Il s'agit d'un processus de dédifférenciation graduelle de tous les éléments de son organisation, tendant à effacer toutes traces de différenciation morphologique et ramenant pas à pas l'organisme vers son état initial.

HISTOPHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *La rétine des Sélaciens et la théorie de la dualité de la vision.* Note de M[lle] **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

L'ophtalmologie comparée a contribué pour une large part à édifier les théories de la vision. Je rappelle que l'étude de la structure de la rétine, rapprochée de celle du comportement et de l'habitat des animaux, a conduit Schultze (¹), puis Parinaud (²) et leurs disciples à la conception d'une dualité de la vision. Au cours de ces dernières années, j'ai montré, par de multiples observations, s'adressant à l'ensemble des Vertébrés, que, si la théorie dualiste s'accorde avec un nombre de cas fort restreint, rien n'autorise à généraliser, et que les modalités de la vision relèvent bien plus d'autres facteurs, principalement de la richesse d'innervation des territoires rétiniens, de leurs pigments, que de la forme des cellules visuelles (³).

L'étude des Sélaciens apporte, à cet égard, d'utiles indications. On sait que les représentants de ce groupe se comportent de manières fort diverses. Les Squales sont des espèces pélagiques, se déplaçant à des profondeurs variables, souvent en surface. Les Raies sont plus spécialement des espèces de fond. Près des Raies, les Torpilles et les Trygons se tiennent sur les fonds vaseux ou sableux, les Myliobates sont tantôt pélagiques, tantôt les hôtes de ces mêmes fonds.

Or les cellules visuelles des Sélaciens sont d'un type bien spécial. Squales, Raies et Torpilles présentent des éléments tous semblables entre eux. Le noyau nettement ovalaire est au-dessous de la limitante externe. Un myoïde court et un ellipsoïde cylindrique dont la hauteur atteint les 2/5ᵉ de la hauteur totale de la cellule le surmontent. Le segment externe, de même longueur que l'ellipsoïde, est assez mince, mais non filiforme. Cet ensemble de caractères rapprochent ces éléments des bâtonnets typiques; la hauteur de l'ellipsoïde et l'aspect du segment externe pourraient les en éloigner un peu, sans permettre cependant de les assimiler à des cônes typiques. Ce sont là des cellules visuelles non conformes aux schémas classiques que l'on a donnés de ces éléments; j'en ai signalé

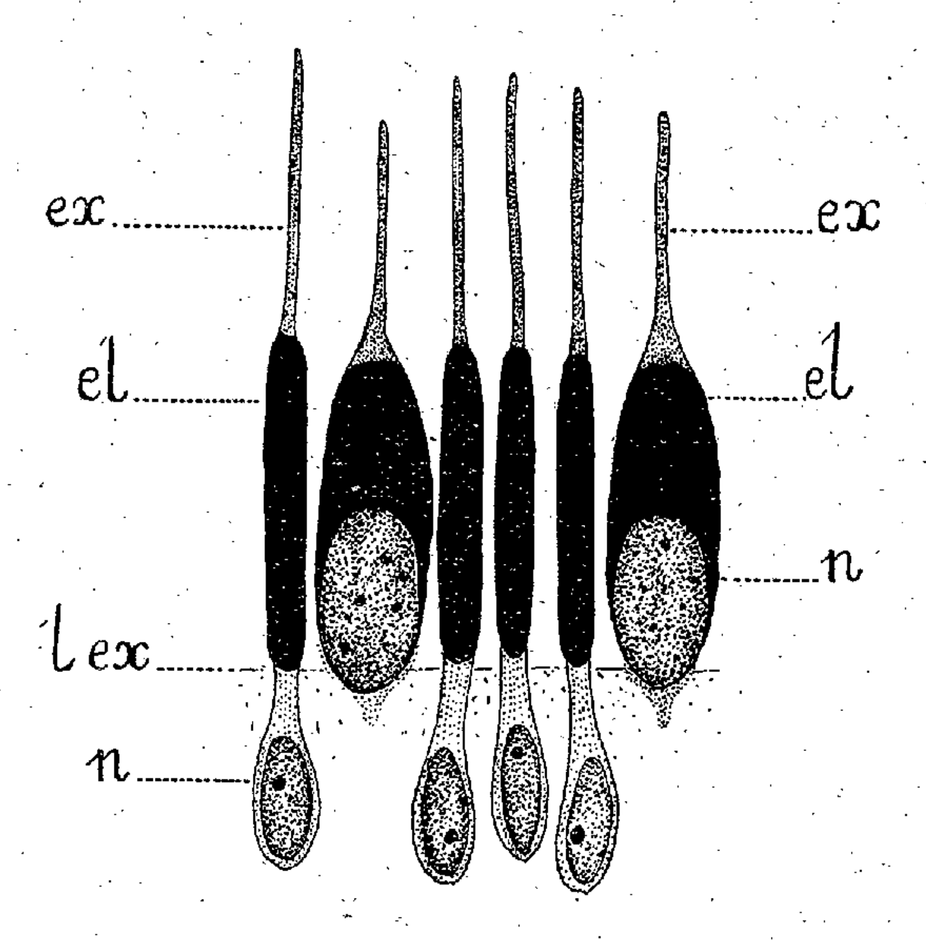
(¹) *Zur Anatomie und Physiologie der Retina.* Bonn, 1866.

(²) *La Vision,* Paris, 1898.

(³) M.-L. Verrier, *Bull. biol. France-Belgique,* Supplément XX, 1935, p. 1 et suiv.

l'existence dans tous les groupes de Vertébrés. Mais ici la parenté avec les bâtonnets typiques est indiscutable.

J'ai constaté que la rétine des Trygons (*Trygon pastinaca L.*) et des Myliobates (*Myliobatis aquila Dum.*) diffère notablement de la rétine des Squales et des Raies. Chez les Trygons, elle présente en effet deux sortes de cellules visuelles. Les unes tout à fait comparables aux éléments précédemment décrits, et par suite à rapprocher des bâtonnets classiques. Le segment externe atteint la hauteur de l'ellipsoïde; le noyau logé au-dessous de la limitante externe est surmonté d'un court myoïde. Les autres cellules sont indiscutablement des cônes. Le segment externe, long et mince, dépasse légèrement la hauteur de l'ellipsoïde; celui-ci, volumineux, est presque aussi long que large. Il recouvre un noyau volumineux dont la



Cellules visuelles de *Trygon pastinaca*. × 1600.
el., ellipsoïde; *ex.*, segment externe; *l. ex.*, limitante externe; *n.*, noyau.

partie profonde repose sur la limitante externe. La figure donne les dimensions relatives des différentes parties de ces éléments.

Un cône alterne régulièrement avec un faisceau de deux, trois ou quatre bâtonnets.

Les mêmes dispositions se retrouvent chez le Myliobate. Or, ces dispositions sont celles de toutes cellules visuelles de Téléostéen de surface. A certains égards on peut les comparer à diverses régions de la rétine

humaine périphérique. Leur existence chez les Sélaciens doit retenir l'attention pour deux raisons :

1° Une telle rétine, que la théorie dualiste reconnaît conformée pour la vision en milieu éclairé, se trouve chez des espèces de fond, alors que les espèces du même groupe, qui vivent plus exclusivement en surface, ne possèdent que des bâtonnets, organes de la vision en lumière diffuse, toujours selon la théorie dualiste.

2° Les espèces pourvues de ces rétines à cônes vivent dans les mêmes milieux que les Raies et les Torpilles qui, elles, ne possèdent que des bâtonnets.

Ainsi, chez les Sélaciens, la forme des cellules visuelles est indépendante de l'habitat et du comportement des différentes espèces. Bien plus, certains cas sont en opposition nette avec la théorie dualiste.

Le cas des Sélaciens n'est d'ailleurs pas une exception. Il s'ajoute à toute une série de cas analogues, que j'ai déjà signalés dans les différents groupes de Vertébrés.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des électrolytes forts sur l'oxyhémoglobine cristallisée.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avions étudié [1], avec la technique, chimique, l'action de l'eau et de quelques électrolytes neutres sur le pigment sanguin. Au cours du présent travail, nous avons eu recours à la technique physique et, plus spécialement, à l'ionimétrie, qui nous a déjà fourni des données si précieuses dans nos recherches antérieures sur les colloïdes organiques et tout particulièrement sur les protéines sériques.

I. En solution dans l'eau, l'oxyhémoglobine cristallisée de premier jet possède toujours un pH supérieur à 7, variant entre 7,2 et 7,5, avec une moyenne de 7,35. Lorsqu'on étudie la solubilité de ces cristaux dans l'eau, en chambre froide, comme il a été dit antérieurement, on peut suivre en même temps les valeurs du pH dans les différents fractionnements aqueux.

---

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1759.

Voici les moyennes de six expériences :

Eau........	1re.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.
pH...........	7,50	7,45	7,12	7,11	7,06	7,08

Il est sans doute facile, avant la cristallisation de l'oxyhémoglobine, d'ajuster la liqueur mère à un pH très voisin de 7, par addition de HCl N/10, mais il paraît bien préférable d'éviter l'action d'électrolyte fort et de recourir plutôt à la technique classique de purification par recristallisations successives.

Avec des cristaux de quatrième cristallisation, les valeurs du pH en fonction des fractionnements aqueux ont été les suivantes (moyennes) :

Eau.........	1re.	2e.	3e.	4e.	5e.
pH...........	7,19	7,16	7,17	7,19	7,24

On constate cette fois une élévation du pH très légère mais progressive, sans explication plausible pour le moment.

Ces déterminations permettent de conclure, contrairement à l'opinion actuelle, que l'oxyhémoglobine n'est pas un acide.

Dans le même ordre d'idées, l'étude faite par M. A. Boutaric, avec les cristaux de premier jet, puis avec des cristaux purifiés par 3 et 4 recristallisations, a montré que l'oxyhémoglobine des premiers reste indifférente au courant et parfois même flocule sans se déplacer, tandis que dans le second cas, elle se dirige nettement vers le pôle négatif, confirmant nettement la notion déjà acquise de la charge électropositive de l'oxyhémoglobine.

II. En présence des électrolytes acides et basiques, l'oxyhémoglobine se comporte différemment suivant les concentrations et la nature de ces électrolytes.

Les cristaux mis en présence de SO^4H^2 N restent insolubles; en présence de SO^4H^2 et HCl N/2, il y a peptisation partielle.

Avec les mêmes acides aux concentrations de N/10 à N/500 et au delà, la peptisation est complète.

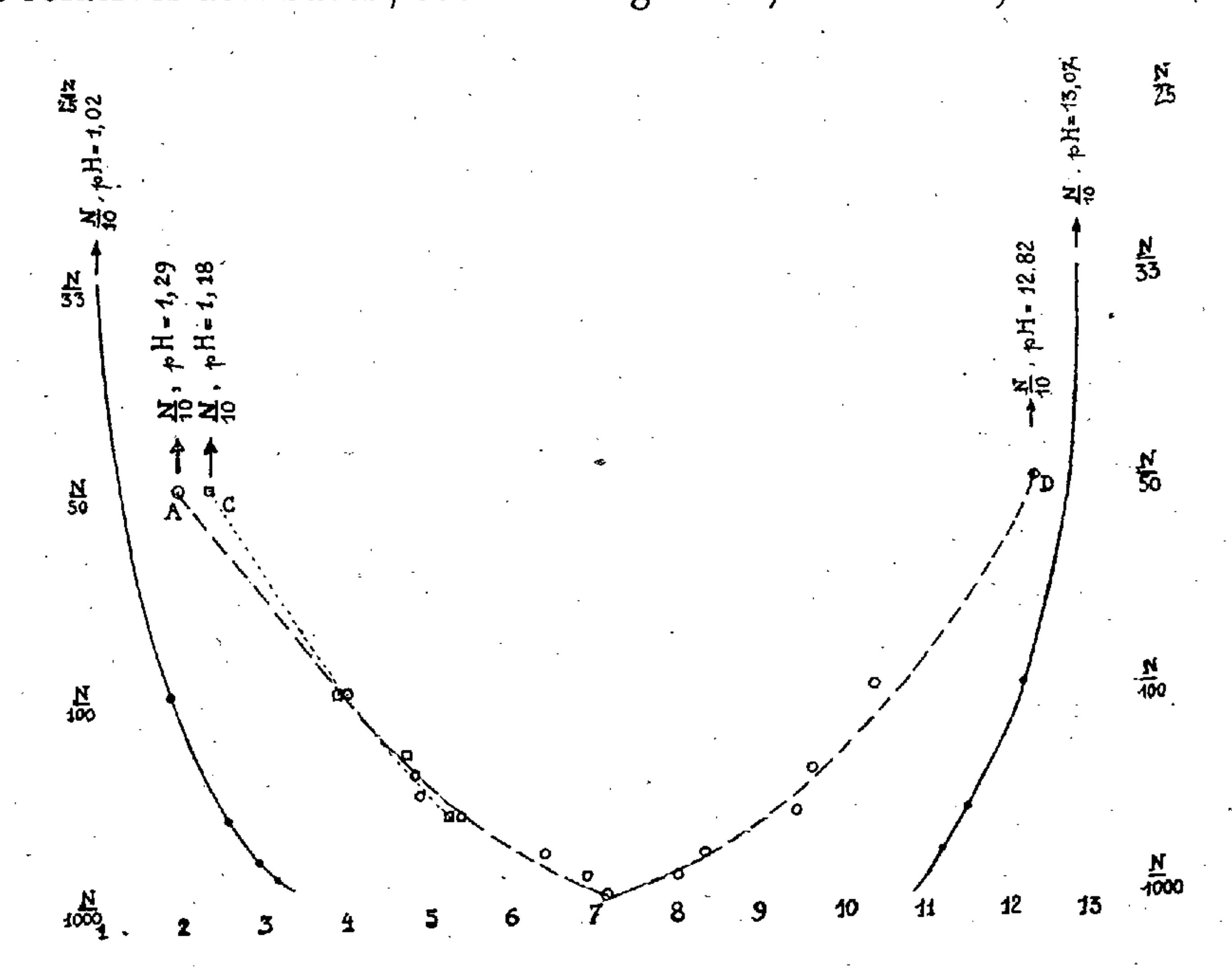
Les acides organiques faiblement dissociables (lactique, butyrique, isobutyrique etc.) dispersent le pigment depuis N/1 jusqu'à N/250. A cette dernière concentration, la peptisation s'accompagne d'un léger dépôt de flocons blanchâtres.

A toutes concentrations, les bases fortes (KOH, NaOH, NH^3) effectuent

la peptisation complète, avec légère modification de la coloration, qui devient d'un rouge un peu plus foncé pour des liqueurs allant de N/50 à N.

Nous avons suivi la dissociation ionique des acides et des bases en présence d'oxyhémoglobine fraîche à 1 %. Les mesures du pH ont été prises, suivant la technique de Sörensen, au moyen de l'appareil Kling et Lassieur, en présence de quinhydrone dans le cas des acides.

Les résultats ont été consignés dans le diagramme suivant (courbes de droite relatives aux bases; courbes de gauche, aux acides).



En abscisses, valeurs du pH; en ordonnées, concentration molaire des électrolytes, courbes des électrolytes purs (à gauche HCl, à droite NaOH). A et D électrolytes + oxyhémoglobine (première cristallisation), C (troisième cristallisation).

Comme pour les protéines sériques, les phénomènes apparents d'adsorption débutent nettement à N/50 et deviennent maxima pour N/100 (écart de plus de 2 unités de pH).

L'étude physicochimique du pigment sanguin exige une purification aussi rigoureuse que possible. Or les recristallisations offrent de sérieuses difficultés. D'une part, il convient d'éviter l'emploi des électrolytes forts proposés par quelques auteurs américains; d'autre part, il y a de grands

inconvénients, pour augmenter la solubilité trop faible (4 à 5,5 %) de l'oxyhémoglobine cristallisée, à recourir à la chaleur. Les redissolutions à 39°, couramment utilisées, modifient fortement le pigment qui devient de plus en plus foncé avec formation, suivant l'opinion classique, de « méthémoglobine » dont la bande caractéristique devient de plus en plus large et obscure dans le spectre.

Nous proposons pour résoudre ce problème d'appliquer la propriété, que nous avons déjà indiquée antérieurement, que possèdent les chlorures neutres alcalins (KCl, NaCl), d'accroître très fortement la *solubilité* dans l'eau du pigment cristallisé; avec 0,9 % de NaCl, par exemple, on obtient, même aux environs de 0°, des solutions voisines de 14 % d'oxyhémoglobine, c'est-à-dire très proches de la teneur du sang. On est ainsi maître de la recristallisation en fonction de la température et, surtout, de la proportion d'alcool à ajouter pour obtenir soit une cristallisation massive, soit des cristallisations fractionnées plus intéressantes et cela, sans altération aucune de ce délicat pigment.

Les cristaux obtenus dans ces conditions et bien essorés à froid contiennent seulement de $0^{g},28$ à $0^{g},31$ % de NaCl, qui peut être aisément éliminé par dialyse aqueuse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Un réactif d'oxydation quantitative du tocophérol. Principe d'une méthode de dosage de la vitamine E.* Note de M. **Paul Meunier** et M^lle **Andrée Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

P. Karrer et ses collaborateurs [1] ont montré que l'oxydation de l'α-tocophérol (vitamine E) par des sels minéraux tels que $FeCl^3$, $AuCl^3$, NO^3Ag ammoniacal conduit à une quinone en C^{29}, selon le schéma

$$\text{HO, }CH^3\text{, }H^3C\text{, }CH^3\text{; }CH^2\text{—}CH^2\text{; O; }C(R)(CH^3) \xrightarrow{-H^2+H^2O} \text{O=, }CH^3\text{, }H^3C\text{, }CH^3\text{, =O; }CH^2\text{—}CH^2\text{—}C(R)(OH)\text{—}CH^3$$

où $R = C^{16}H^{33}$

(1) *Helv. Chim. Acta*, **21**, 1938, p. 939.

Cette oxydation, mesurée par des procédés potentiométriques, paraît régulière avec le chlorure d'or et le nitrate d'argent ammoniacal, mais moins complète avec $FeCl^3$ (²).

Cependant Emmerie et Engel (³) ont pu, en associant à $FeCl_3$ le dipyridyl ou l'*o*-phénanthroline, composés susceptibles de former un complexe avec les sels ferreux, obtenir en 10 à 15 minutes une oxydation quantitative du tocophérol.

Nous avons trouvé qu'on peut arriver à ce résultat par l'emploi d'un réactif plus simple, plus aisé à manier et d'effet plus rapide : le ferricyanure ferrique en solution alcoolo-chloroformique.

Réactif. — On met dans un tube une goutte de ferricyanure de potassium à 1 %, puis une goutte de chlorure ferrique à 1,5 %. On mélange et l'on ajoute 10^{cm^3} d'alcool à 96° privé de corps réducteurs (⁴) et 1^{cm^3} de chloroforme pur.

Préparé dans ces conditions, le réactif est brun acajou et limpide. Il doit être employé immédiatement ou conservé à l'obscurité.

L'addition d'une trace de tocophérol (quelques millièmes de milligramme) en solution chloroformique produit en quelques secondes du ferricyanure ferreux qui reste en suspension et communique à la liqueur une belle couleur bleue uniforme.

La solution essayée doit être neutre. La présence d'acide ou de base produirait une décoloration du réactif.

Cette réaction extrêmement sensible se prête très bien à une étude colorimétrique précise, que nous avons entreprise à l'aide de l'électrophotomètre de l'un de nous (⁵). Avec l'écran orangé de l'appareil, la réduction d'un dixième de micromolécule de $FeCl^3$ (0,1 μM) mesurée sous 10^{mm} d'épaisseur correspond à une augmentation de 23 divisions.

On peut ainsi montrer que, conformément au schéma de Karrer et de ses collaborateurs (¹), *une* molécule d'α- (*d* — 1) tocophérol réduit *deux* molécules de chlorure ferrique.

La réduction a lieu très rapidement; à la quinzième seconde qui suit le mélange des réactifs, elle est complètement achevée.

(²) C. Golumbic et H. Mattill, *J. of Biol. Chem.*, 134, 1940, p. 535.

(³) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 57, 1938, p. 1351.

(⁴) L'alcool contient fréquemment des traces d'aldéhyde qu'il est aisé d'éliminer par un traitement préalable au ferricyanure ferrique.

(⁵) P. Meunier, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1371.

Nous avons éprouvé notre réactif sur un grand nombre de composés phénoliques et constaté que seuls les polyphénols susceptibles d'acquérir la structure quinonique provoquent une réduction aussi rapide.

Les composés renfermant des doubles liaisons conjuguées réduisent aussi notre réactif, et cela d'autant plus vite que le nombre de celles-ci est plus grand. Cependant, même avec la vitamine A (4 Δ) et le carotène (9 Δ), la réduction demande encore plusieurs minutes.

La structure de la molécule réductrice a donc une grande influence sur la cinétique de la réaction. Le tocophérol est certainement, parmi les constituants des insaponifiables des produits naturels, l'un des corps qui réduisent le plus rapidement le ferricyanure ferrique.

Ces faits et la commodité d'emploi du réactif permettent d'aborder dans des conditions favorables le difficile problème du dosage de la vitamine E dans les milieux naturels.

Dès maintenant, nous sommes en mesure de déceler et même de doser le tocophérol dans de très petites quantités d'huiles végétales. Si l'on ajoute au réactif précédent une goutte d'huile en solution chloroformique, l'apparition en quelques secondes d'une teinte verte ou bleu vert est caractéristique de la présence de tocophérol. C'est ainsi qu'on peut aisément distinguer une huile de germes de blé ou de maïs, douée d'activité vitaminique E, d'une huile altérée ou d'une huile d'olive.

Pour le dosage électrophotométrique, il est nécéssaire d'opérer sur la fraction insaponifiable de l'huile et de ne tenir compte que du chiffre de réduction obtenu 15 secondes après le mélange des réactifs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de corps antisulfamides dans l'urine humaine*. Note de MM. **Frédéric Nitti** et **Max Palazzoli**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'administration de *p*-aminophénylsulfamide (1162 F.) et de certains de ses dérivés permet de guérir en quelques jours la plupart des blennorragies. Un faible pourcentage des malades (10 % environ) résiste néanmoins à cette thérapeutique, soit d'emblée, la médication se montrant dès les premiers jours inefficace, soit, après une amélioration passagère, une rechute tardive se produisant.

Pour expliquer ces échecs et ces rechutes, on peut invoquer différents

facteurs et notamment la résistance du germe au médicament, son accoutumance après un délai plus ou moins long, et enfin l'élaboration dans l'organisme ou dans le germe lui-même de substances neutralisant l'action du sulfamide.

Les recherches de Woods [1] et de Fildes (*Lancet*, 25 mai 1940, p. 955) notamment, ont en effet montré que des extraits de levure ou même des corps chimiquement définis, tels que l'acide *p*-aminobenzoïque, possèdent la propriété de neutraliser *in vitro* l'activité bactériostatique du *p*-aminophénylsulfamide. Cette propriété est assez marquée, puisqu'une molécule d'acide *p*-aminobenzoïque entrave l'action de 5 à 10000 molécules de sulfamide. Selbie [2] a montré d'autre part que l'injection à la souris d'acide *p*-aminobenzoïque rend celle-ci réfractaire à la chimiothérapie sulfamidée dans l'infection streptococcique expérimentale.

En partant de ces faits nous nous sommes demandé si la résistance de certains blennorragiques ne pouvait pas tenir à la présence chez eux de corps antisulfamides, et s'il n'était pas possible de déceler et de doser ces substances dans les liquides organiques et notamment dans l'urine.

La technique que nous avons utilisée est la suivante. Le bacille du côlon se développe parfaitement dans des milieux synthétiques ne contenant pas, contrairement aux bouillons peptonés, de principes antisulfamides. L'addition de *p*-aminophénylsulfamide entrave la division et le développement de ce bacille dans ces milieux. Par contre, malgré la présence de sulfamide, l'addition d'acide *p*-aminobenzoïque permet aux germes de continuer à se diviser normalement.

Un milieu synthétique contenant, pour 10^{cm^3}, 10^{mg} de *p*-aminophénylsulfamide et ensemencé avec environ 200000 colibacilles, reste clair, la division cellulaire étant complètement entravée. L'addition dans le milieu sulfamidé d'un γ d'acide *p*-aminobenzoïque pour 10^{cm^3} permet, par contre, un nombre de divisions microbiennes suffisant pour assurer le développement à peu près normal de la culture.

Il sera donc facile de remplacer l'acide *p*-aminobenzoïque par le liquide (l'urine par exemple) dans lequel on devra chercher les principes antisulfamides et de doser ces principes en ajoutant dans le milieu de culture des quantités variables du liquide à examiner. Si, par exemple, $0^{cm^3},25$

(1) *British Journ. Exp. Pathology*, 21, 1940, p. 74.
(2) *British Journ. Exp. Pathology*, 21, 1940, p. 90.

d'urine neutralisent 10^{mg} de sulfamide, nous pourrons dire que cette quantité correspond à 1^{γ} d'acide *p*-aminobenzoïque et que chaque centimètre cube d'urine contient 4^{γ} d'antisulfamide exprimé en acide *p*-aminobenzoïque.

Nous avons tout d'abord recherché la présence de substance antisulfamide dans les urines de blennorragiques sensibles à la chimiothérapie sulfamidée. Dans la totalité des cas nous n'avons pu en déceler.

Par contre, chez les malades résistant à la thérapeutique sulfamidée, nous avons décelé presque constamment des quantités d'antisulfamide variant entre 2 et 4^{γ} par centimètre cube d'urine.

Ces quantités, évidemment très petites, ne sont néanmoins pas négligeables si l'on tient compte du fait qu'un centimètre cube d'urine de ces malades pourrait neutraliser de 20 à 40^{mg} de *p*-aminophénylsulfamide, et que le taux moyen du sulfamide contenu dans les urines d'un malade recevant 3^{g} par jour de sulfamide ou de sulfamidopyridine ne dépasse généralement pas 1^{mg} à $1^{mg},5$ par centimètre cube.

Ces recherches sur les antisulfamides des urines des blennorragiques résistants nous ont amenés à des constatations ayant un certain intérêt clinique. Dans un cas notamment l'urine d'un malade, qui semblait les premiers jours être sensible à la sulfamidopyridine, s'était montrée malgré cela assez riche en dérivés antisulfamides. Or ce malade a présenté une rechute au 9^{e} jour et il est resté par la suite sulfamidorésistant.

La question des antisulfamides est encore trop incomplètement élucidée pour que l'on puisse attribuer à la seule présence de ces corps dans l'organisme la raison de la chimiorésistance dans la blennorragie. Il est vraisemblable qu'il ne s'agit là que d'un des éléments du problème de la résistance à la chimiothérapie par les sulfamides.

La séance est levée à 16^{h}.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 4 novembre 1940.)

Note de MM. *Santiago Rovira* et *Léon Palfray*, Sur une méthode d'identification des nitriles par hydrolyse au moyen de la potasse diéthylglycolique ou glycérolique :

Page 396, ligne 2, *au lieu de* diéthylglycolique, *lire* diéthylèneglycolique.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1940.

Comité consultatif de thermométrie auprès du Comité international des Poids et Mesures. Session de 1939. *Procès-Verbaux des Séances. Rapport et annexes.* Tirage à part des *Procès-Verbaux des Séances du Comité international des Poids et Mesures.* Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 21cm.

Comité consultatif de photométrie auprès du Comité international des Poids et Mesures. Session de 1939. *Procès-Verbaux des Séances. Rapport et annexes.* Tirage à part des *Procès-Verbaux des Séances du Comité international des Poids et Mesures.* Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 21cm.

Comité consultatif d'électricité auprès du Comité international des Poids et Mesures. Session de 1939. *Procès-Verbaux des Séances. Rapport et annexes.* Tirage à part des *Procès-Verbaux des Séances du Comité international des Poids et Mesures.* Paris, Gauthier-Villars, 1939; 1 vol. 21cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 DÉCEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Plantes adventices pérégrinantes : migraborigènes, néo-autochtones, aliénigènes, éphémères et ergasiophytes de la flore française.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

Nous avons montré ([1]) comment se constituait le peuplement végétal des places libres de Paris et de sa banlieue par l'apport de plantes adventices des provenances les plus diverses qui viennent s'ajouter aux autochtones et aux archéophytes. Nous nous proposons de suivre le sort de ces étrangères voyageuses en montrant, par des exemples, comment elles parviennent dans certains cas à essaimer et à s'infiltrer dans la flore indigène. L'exemple le plus typique d'une infiltration complète est celui de *Juncus tenuis* Willd. (= *J. bicornis* Mich.), que l'on observe aujourd'hui avec l'apparence d'une plante spontanée, non seulement dans la plupart des bois aux environs de Paris, mais aussi dans les forêts du Nord, de l'Est, du Centre et de l'Ouest de la France. Cette espèce a pour patrie l'Amérique du Nord. En 1816, elle fut signalée par J. E. Smith comme ayant été trouvée vers 1795 par G. Don et Dickson en Angleterre. Elle ne devait plus être revue en Angleterre qu'une fois, en 1883, dans le Herefordshire (Ridley). Elle fit son apparition en Belgique, près d'Anvers, en 1825; peu de temps après on la trouvait en Allemagne (1834), en Autriche (1851), en Bohême, au Tyrol; puis elle envahit les bois d'une grande partie de l'Europe centrale, passe en Alsace, s'avance dans nos

([1]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 453 et 525.

départements du Nord, puis dans le Jura et jusqu'en Savoie. En 1840, un autre centre de dissémination était apparu à Orvault, près de Nantes, sur les bords du canal de l'Erdre (Desvaux); de là la plante rayonne vers les Hautes-Pyrénées (1890) et, de 1870 à 1890, elle prend possession des bois d'une grande partie de la Bretagne (Lloyd), pour arriver en Basse-Normandie et dans la Mayenne vers 1892-1895; elle y est maintenant fréquente; elle s'est aussi établie en Haute-Normandie (Allorge). C'est vers 1880 qu'elle fut observée pour la première fois aux environs de Paris, dans la forêt de Saint-Germain; on resta des années sans la revoir; en 1895 Jeanpert la recueillit sur les bords de la Seine, à Boulogne. De 1899 à 1922, elle devenait fréquente successivement dans les bois de Meudon, de Versailles, de Vincennes, de Verrières, les forêts de Sénart, Montmorency etc. Elle est aussi devenue assez commune dans l'Aube, la Côte-d'Or et le Morvan. Il a suffi d'un siècle à peine pour que *Juncus tenuis* prenne dans les forêts françaises toute l'apparence d'une plante indigène, au point que divers botanistes (Steudel, Lloyd, Corbière etc.) ont cru que c'était une plante qui avait toujours vécu en Europe, relique des temps où ce continent se reliait à l'Amérique. Il n'en n'est certainement rien : c'est une étrangère infiltrée depuis peu dans la flore autochtone.

Nous nommons *migraborigènes* les plantes adventices qui, comme *J. tenuis*, ont l'apparence de plantes spontanées et vivent dans des formations naturelles. Elles sont peu nombreuses en France.

Un cas particulier d'adaptation parfaite aux conditions naturelles et à la lutte triomphante vis-à-vis des espèces autochtones nous est fourni par *Spartina Townsendi* J. et H. Groves. Cette espèce, d'après C. L. Huskins, serait un hybride allopolyploïde (c'est-à-dire à descendance fertile et stable) de l'espèce de l'Ancien Monde *S. maritima* Fernald, croisée par l'espèce américaine introduite *S. alterniflora* Lois. et qui s'est créée spontanément vers 1875 à Southampton sur le rivage de la Manche. Cette néo-espèce hybridogène élimine progressivement son ancêtre européen pour prendre sa place. Elle est douée d'un pouvoir d'expansion très grand, grâce à ses graines fertiles que charrie la mer et qui viennent s'ensemencer sur les plages vaseuses. C'est ainsi que *S. Townsendi* a peuplé autrefois l'embouchure de la Vire, et dans ces dernières années une partie des vases du Mont Saint-Michel, produisant l'enherbement des grèves et préparant le rattachement prochain du Mont à la terre ferme ([2]).

([2]) Auguste Chevalier, *Bull. Soc. Bot. France*, 80, 1933, p. 779.

Aux rares espèces stables présentant cette propriété de prendre la place des indigènes et de les éliminer parfois par endroits, nous donnons le nom de *néo-autochtones*.

Il existe une autre catégorie de plantes adventices envahissantes et périgrinantes, capables aussi de s'infiltrer parmi les espèces autochtones, mais qui ne se montrent avec celles-ci que dans les stations artificielles préparées et entretenues par l'Homme : champs, jardins, bords de routes etc. A ces plantes importées et qui se mettent parfois à pulluler hors de leur patrie, nous donnons le nom d'*aliénigènes* (du latin *alienigenus*, d'origine étrangère). On doit les distinguer des *époekophytes* de Thellung, plantes importées qui se reproduisent d'une manière constante aux mêmes lieux, mais sans s'étendre.

De toutes les aliénigènes, la plus remarquable par sa dispersion rapide est *Matricaria discoïdea* D. C., composée rappelant par son port et ses besoins notre *M. inodora* L., mais bien distincte par l'absence de fleurons; du reste elle ne s'hybride pas avec elle. Originaire de la côte du Pacifique, aux États-Unis, puis du Nord-Est de l'Asie, elle est arrivée en Europe centrale vers 1850, les graines ayant sans doute été apportées en mélange avec des céréales et jetées comme criblures sur des décombres. En 1861, elle se montra pour la première fois dans l'Est de la France, au bord du canal des Ardennes. En 1895-1897, nous l'observions sur des décombres à Caen, à Lille et à Saint-Omer, puis peu de temps après sur le ballast des gares du Nord-Ouest. En 1904, elle était déjà fréquente sur les bords de quelques routes en Basse-Normandie. En 1910, on la récolte dans le département de la Seine, puis en 1915 dans Paris même, au quai d'Orsay, où elle existe encore. Actuellement elle existe dans presque toute la France, le long des routes, dans les villages, sur les chemins, sur les décombres. Non seulement l'automobile, mais les charrois de toutes sortes, la batellerie, les piétons, les animaux ont contribué à sa dispersion. Pourtant, elle n'est pas encore une migraborigène, car elle ne s'éloigne pas des lieux occupés par l'Homme, et elle disparaîtrait sans doute s'il n'intervenait pas pour la répandre chaque année et lui assurer des places libres.

Veronica Tournefortii Gmel. (= *V. persica* Poir.) est aussi une adventice périgrinante qui a pris l'apparence d'une autochtone. Originaire de l'Asie Mineure, de l'Iran et des îles orientales de la Méditerranée, elle s'est répandue dans toute l'Europe au XIXe siècle. Elle a pénétré en France par le Midi, venant d'Italie où on la connaissait déjà à la fin du XVIIIe siècle. On la signale à Nice et à Toulon en 1815, en 1826 à Toulouse et dans la Gironde; en 1834, Steinheil la fait connaître au Dr Mérat, auteur d'une flore parisienne, comme très abondante « dans les Luzernes, sur la route de Versailles à Saint-Cyr et près de Trianon ».

En 1840, elle est indiquée comme subspontanée à Paris, autour du Muséum et, en 1845, à Fervaques, dans le Calvados (Gahéry); en 1860, elle existe déjà autour de Saint-Germain, de Caen, Avranches, Bayeux, ainsi que dans l'Ouest, le Centre, tout le Midi. Pour cette espèce, il semble que ce soient les jardins botaniques et les échanges horticoles (transplantations de plantes herbacées ou d'arbres d'une localité à l'autre) qui ont contribué à la dispersion de cette espèce, aujourd'hui répandue dans les terres cultivées de toute la France. Ce n'est encore qu'une rudérale, par conséquent une aliénigène, mais elle a commencé à s'hybrider avec une espèce autochtone des mêmes stations, *V. agrestis* L. (produisant le *V. Wiesbauriana* Schüster), et il se pourrait qu'un jour ces deux espèces donnent une néo-autochtone suppléant les deux parents.

Toutefois l'avenir des plantes rudérales est précaire. Elles persistent tant que l'Homme leur prépare le terrain où elles se plaisent, mais elles ne sont pas à même de supporter la concurrence de la végétation primitive et elles s'éteindraient ou se localiseraient en de rares stations arides, à places libres, si l'Homme venait à disparaître.

Tel serait aussi sans doute le sort des *adventices éphémères* que nous avons énumérées précédemment comme se montrant sur les décombres de Paris et des environs. Certaines disparaissent presque aussitôt apparues, mais se montrent de nouveau au bout de quelques années, par suite d'apports de graines. D'autres que nous n'avons pas encore passées en revue ont tendance à se naturaliser et deviennent des *époekophytes*. Tels sont *Œnothara suaveolens* Desf., *Impatiens parviflora* DC. etc., plante de la Sibérie, adventice sur les décombres aux environs du Muséum et dans le Bois de Boulogne, *Impatiens biflora* Walter, espèce de l'Amérique du Nord, naturalisée dans la vallée de la Seine, au nord de Paris (Gaume, Senay), *Bidens frondosus L.*, plante d'Amérique qui se montre de plus en plus fréquemment le long de la Seine, *Eragrostis Damiensiana* Bonnet (= *E. Peregrina* Wiegand), plante d'Amérique cultivée autrefois dans les jardins botaniques et qui apparaît d'une manière sporadique dans les cours et allées mal entretenues. Nous pourrions citer des centaines d'éphémères qui apparaissent périodiquement en France, ne se naturalisant pas et que l'on trouve néanmoins mentionnées dans les flores, bien qu'étant des adventices plus ou moins fugaces et toujours vagabondes; ce sont les gitanes des groupements rudéraux et des décombres.

Pour terminer, nous devons dire un mot des plantes échappées de cultures, les *ergasiophytes* de Thellung : céréales, plantes potagères ou florales, chanvre, lin, tabac etc. Ce sont les plus instables de toutes les plantes adventices. Quand elles apparaissent dans des terrains incultes,

elles succombent souvent dès la première génération. Elles ont absolument besoin des soins de l'Homme pour se maintenir ; sans les façons qu'il donne à la terre, elles disparaîtraient immédiatement de nos climats de l'Ouest de l'Europe.

En définitive toute végétation adventice est précaire : il suffirait de dix années d'abandon de Paris pour que la végétation spontanée reprenne possession du sol et élimine progressivement les plantes éphémères, les aliénigènes et la plupart des archéophytes.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Oscillations isochrones dans un mouvement où la force dépend seulement de la position.* Note de M. **Jean Chazy**.

Il est connu que tout mouvement rectiligne d'un point matériel, où la force est fonction seulement de la position, et qui est tautochrone pour un point O, c'est-à-dire tel que le point matériel placé sans vitesse dans une position arbitraire mette toujours le même temps pour arriver au point fixe O, est par prolongement un mouvement vibratoire de centre O : la force est une attraction proportionnelle à la distance au point O.

Considérons encore un mouvement rectiligne où la force appliquée au point matériel est fonction seulement de la position, et cherchons si ce mouvement peut se composer d'oscillations périodiques isochrones, c'est-à-dire dont la durée est indépendante des conditions initiales, en écartant le cas banal du mouvement vibratoire et de l'attraction proportionnelle à la distance à un point fixe de la droite du mouvement.

m désignant la masse, x l'abscisse du point matériel sur la droite Ox, et $X(x)$ la valeur algébrique de la force appliquée à ce point, les équations classiques du mouvement s'écrivent

$$mx'' = X(x), \quad x'^2 = \varphi(x) \quad \text{avec} \quad \varphi(x) = \frac{2}{m}\int_0^x X(x)\,dx + \frac{2h}{m},$$

d'où

$$\frac{dx}{dt} = \pm\sqrt{\varphi(x)}, \quad \text{et la période} \quad T = 2\int_a^b \frac{dx}{\sqrt{\varphi(x)}} :$$

h est la constante des forces vives, et a et b $(a < b)$ désignent deux racines de la fonction $\varphi(x)$ dans l'intervalle desquelles cette fonction est positive et qui varient avec la constante h.

Aux deux extrémités du segment ab la force $X(x)$ est dirigée vers l'inté-

rieur de ce segment, et, par suite, supposée continue; cette force comporte sur le segment ab au moins une position d'équilibre. Soit une position d'équilibre stable et isolée, que nous prenons pour origine des abscisses $x=0$: la fonction de force $\int_0^x X(x)\,dx$ y est maxima et nulle; cette fonction est négative au voisinage et de part et d'autre de la position $x=0$. Quand la constante h croît à partir de la valeur zéro, à chacune des valeurs de h correspond un intervalle ab, où la fonction $\varphi(x)$ est positive, et dont les limites a et b décroissent et croissent respectivement à partir de la valeur zéro.

Faisons le changement de variable défini par l'équation

$$\frac{2}{m}\int_0^x X(x)\,dx = -u^2 \qquad \text{et posons} \qquad \frac{2h}{m} = \alpha^2.$$

α désigne un paramètre positif, la nouvelle variable u s'annule avec x, est du signe de x, et a les valeurs $-\alpha$ et $+\alpha$ pour les racines a et b de $\varphi(x)$. Et prenons comme nouvelle fonction inconnue la dérivée de la fonction $x(u)$

$$\frac{dx}{du} = f(u):$$

la période considérée devient

$$T = 2\int_{-\alpha}^{\alpha} \frac{f(u)\,du}{\sqrt{\alpha^2 - u^2}}.$$

Si d'abord la fonction $f(u)$ est paire, x et u sont fonctions impaires l'un de l'autre; u^2 est fonction paire de x, et, par dérivation de l'équation qui définit u^2, la valeur algébrique $X(x)$ est fonction impaire de x. Selon une propriété de symétrie classique, les oscillations admettent l'origine $x=0$ comme centre de symétrie, c'est-à-dire que l'abscisse x est une fonction impaire du temps compté à partir d'un instant de passage au point O, et le mouvement considéré est tautochrone pour le point O : la force est nécessairement une attraction proportionnelle à la distance au point O.

La fonction $f(u)$ correspondant à cette attraction est une constante, mais, *si l'on prend pour $f(u)$ la somme de cette constante et d'une fonction impaire quelconque de u, la valeur de la période* T *n'est pas changée*, car l'intégrale d'une fonction impaire dans un intervalle ayant pour milieu l'origine est nulle par symétrie.

Ainsi la période des oscillations considérées est indépendante du

paramètre α et de la constante des forces vives h; cette période est égale à 4π, si l'on prend par exemple

$$f(u) = 2 + 2u,$$

d'où

$$x = 2u + u^2, \quad u = -1 + \sqrt{1+x},$$

et

$$X(x) = -mu\frac{du}{dx} = \frac{m}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{1+x}} - 1\right),$$

loi de force définie seulement pour $x > -1$, d'où, enfin,

$$\varphi(x) = 2\sqrt{1+x} - x - 2 + \alpha^2.$$

Pour une valeur donnée du paramètre α, nécessairement comprise entre zéro et 1, les deux racines de la fonction $\varphi(x)$ limitant les oscillations du point matériel sont

$$a = -2\alpha + \alpha^2, \qquad b = 2\alpha + \alpha^2.$$

Donc l'amplitude de ces oscillations est égale à 4α, et le milieu du segment correspondant de l'axe Ox, au lieu d'être fixe comme dans le mouvement vibratoire, a l'abscisse α^2, variant comme α de zéro à 1 : ce segment varie lui-même de la position d'équilibre $x = 0$ au segment limité par les points $a = -1$, $b = 3$.

Nous obtenons ainsi *un mouvement rectiligne d'un point matériel où la force est fonction seulement de la position, mais n'est pas une attraction proportionnelle à la distance à un point fixe, et dont les oscillations sont isochrones et ont lieu sur des segments dont le milieu varie avec l'amplitude*. La méthode met en évidence autant de mouvements de la définition précédente que l'on veut.

On peut rattacher à cette méthode la loi de force qui suit, force continue, mais dont la dérivée est discontinue au centre d'attraction. Donnons à la fonction $f(u)$ pour u négatif et pour u positif deux valeurs constantes positives, mais différentes, par exemple les valeurs $1/\omega_1$ pour u négatif et $1/\omega_2$ pour u positif : $f(u)$ est ainsi la somme de la constante $1/2\,[(1/\omega_1) + (1/\omega_2)]$ et de la fonction impaire égale à $1/2\,[(1/\omega_1) - (1/\omega_2)]$ pour u négatif et à $1/2[(1/\omega_2) - (1/\omega_1)]$ pour u positif. La force $X(x)$ correspondante est une attraction proportionnelle à la distance au point $x = 0$, comme dans un mouvement vibratoire, mais le coefficient de proportionnalité a deux valeurs différentes de part et d'autre de ce point : soit $X(x) = -m\omega_1^2 x$ pour x négatif, et $X(x) = -m\omega_2^2 x$ pour x positif;

les oscillations sont encore périodiques et isochrones, ont pour durée $\pi[(1/\omega_1)+(1/\omega_2)]$, mais ne sont plus symétriques par rapport au centre d'attraction.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du bore parmi les espèces végétales.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein.**

En cherchant si des espèces végétales possèdent des besoins différents à l'égard du bore, l'un de nous a trouvé, en collaboration avec H. de Waal (¹) et avec L. Silberstein (²), qu'il semble exister une relation entre la capacité de fixation du métalloïde et la place des espèces dans l'échelle botanique. Il était apparu, notamment, que les Graminées (cinq espèces étudiées) et les Liliacées (trois espèces), de l'embranchement des Monocotylédones, renferment notablement moins de bore que les plantes de l'embranchement des Dicotylédones. En outre, parmi ces dernières, la plupart des Légumineuses (onze espèces) et des Crucifères (cinq espèces) s'étaient montrées parmi les plus aptes à fixer l'oligoélément considéré dans leurs tissus.

Ces différences, observées en étudiant les plantes cultivées sur le même sol, présentant non seulement un intérêt physiologique mais aussi un intérêt pratique, nous avons pensé qu'il était utile d'en chercher la confirmation par l'examen d'un plus grand nombre d'espèces végétales.

Nous avons analysé cette fois des plantes récoltées dans leurs habitats naturels, aquatiques ou terrestres, aussi variés que possible. La cueillette a toujours été effectuée au moment de la floraison. Après lavage et dessiccation, ces plantes ont été pulvérisées et analysées selon la technique microcolorimétrique utilisée dans les recherches antérieures.

Les nouveaux résultats obtenus (³) portent à 120 le nombre des espèces examinées au laboratoire par la même méthode. Ils sont très significatifs en ce qui concerne la relation, aperçue en 1936, entre la capacité de fixation du bore par les espèces végétales et la position de celles-ci dans la classification naturelle.

Sans qu'il existe une ligne de démarcation absolue entre l'embranche-

---

(¹) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 605; *Ann. Agron.*, 16, 1936, p. 537; *Ann. Inst. Pasteur*, 57, 1936, p. 121.

(²) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1019; 206, 1938, p. 796 et 210, 1940, p. 70.

(³) Pour les détails, voir le Mémoire qui paraîtra ultérieurement.

ment des Monocotylédones et celui des Dicotylédones, il apparaît que les espèces du premier renferment, en général, une proportion de bore moindre que celles du second. Il n'y a été trouvé, en effet, par kilogramme de matière sèche, que de $2^{mg},3$ à $11^{mg},4$ contre 8 à 95^{mg}.

En outre, chez les Monocotylédones, la grande famille des Graminées s'est montrée nettement la plus pauvre, avec $2^{mg},3$ à 5^{mg} seulement de métalloïde par kilogramme sec.

Parmi les Dicotylédones, beaucoup plus nombreuses en familles et en espèces, il n'est pas possible de tirer des 86 analyses effectuées des règles aussi formelles. Il reste toutefois à retenir que les importantes familles des Légumineuses et des Crucifères comprennent relativement beaucoup d'espèces parmi les plus riches en bore.

Après les premières constatations rappelées au commencement de la présente Note, Marie P. Löhnis (1) a publié, dans un Mémoire sur *le développement des plantes en l'absence de bore*, une série de déterminations de la teneur en bore, d'après la même méthode que la nôtre, portant sur 4 espèces de Graminées et 14 espèces de Dicotylédones, principalement Légumineuses et Crucifères. Chez les Graminées, la teneur a été trouvée de $0^{mg},7$ à $3^{mg},3$ par kilogramme de matière sèche, alors qu'elle variait de $3^{mg},3$ à 33^{mg} chez les Légumineuses, et de $16^{mg},7$ à 33^{mg} chez les Crucifères. Ces déterminations sont en complet accord avec celles auxquelles nous sommes nous-mêmes arrivés.

Ainsi peut-on considérer désormais comme bien établie une différence de composition chimique élémentaire, particulièrement importante au point de vue agricole, entre la famille des Graminées d'une part, et celle des Légumineuses et des Crucifères d'autre part.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Méthode de classification des raies Raman des cristaux binaires et terbinaires.* Note de M. **Jean Cabannes**.

I. *Cristaux binaires.* — Nous définirons le vecteur électrique $\vec{E}$ de l'onde lumineuse incidente et le moment induit $\vec{M}$ qui émet la raie Raman par leurs composantes suivant trois axes rectangulaires (numérotés 1, 2, 3) et nous prendrons la direction 3 parallèle à l'axe de symétrie du réseau. Les vecteurs $\vec{E}$ et $\vec{M}$ sont alors reliés par un des deux tenseurs complémen-

(1) *Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool*, 41, III, 1937, p. 1-38.

taires l'un de l'autre

$$(S)\quad \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{vmatrix} \quad \text{ou} \quad (A)\quad \begin{vmatrix} 0 & 0 & b_{13} \\ 0 & 0 & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & 0 \end{vmatrix},$$

selon que la raie Raman provient d'une oscillation symétrique ou antisymétrique par rapport à l'axe principal 3 et au plan principal 1-2 de l'ellipsoïde des réfractivités ([1]).

Les tenseurs S et A déterminent les caractères propres à chacun des deux types d'oscillations actives, et l'orientation qu'il faudra donner au cristal pour les distinguer facilement et classer les raies du spectre Raman.

Soient Ox le rayon lumineux incident; Oy un rayon diffusé à 90°; Oz la normale au plan de diffusion. Les tableaux suivants font connaître à première vue la vibration lumineuse diffusée (P ou R) en fonction de la vibration incidente (Y ou Z) lorsque l'axe binaire est parallèle à Ox, à Oy ou à Oz.

Axe parallèle à Ox.

	1 Y	2 Z	3 X
1 Q	⋆	⋆	⋆
2 R	a_{21}	a_{22}	⋆
3 P	b_{31}	b_{32}	⋆

Axe parallèle à Oy.

	1 Z	2 X	3 Y
1 R	a_{11}	⋆	b_{13}
2 P	a_{21}	⋆	b_{23}
3 Q	⋆	⋆	⋆

Axe parallèle à Oz.

	1 X	2 Y	3 Z
1 P	⋆	a_{12}	b_{13}
2 Q	⋆	⋆	⋆
3 R	⋆	b_{32}	a_{33}

On en déduit l'intensité $I+i$ et la dépolarisation i/I de la lumière diffusée par un cristal éclairé en lumière naturelle.

	Axe parallèle à Ox.	Axe parallèle à Oy.	Axe parallèle à Oz.
S	$I+i=a_{21}^2+a_{22}^2$ $\frac{i}{I}=0$	$I+i=a_{11}^2+a_{21}^2$ $\frac{i}{I}=\left(\frac{a_{21}}{a_{11}}\right)^2$	$I+i=a_{12}^2+a_{33}^2$ $\frac{i}{I}=\left(\frac{a_{12}}{a_{33}}\right)^2$
A	$I+i=b_{31}^2+b_{32}^2$ $\frac{i}{I}=\infty$	$I+i=b_{13}^2+b_{23}^2$ $\frac{i}{I}=\left(\frac{b_{23}}{b_{13}}\right)^2$	$I+i=b_{13}^2+b_{32}^2$ $\frac{i}{I}=\left(\frac{b_{13}}{b_{32}}\right)^2$

([1]) Les cristaux holoèdres ont un centre par rapport auquel les oscillations peuvent être symétriques ou antisymétriques. Mais à ces dernières correspond un tenseur nul, et elles sont inactives dans la diffusion de la lumière. Nous les laisserons de côté. On retrouve donc les mêmes types d'oscillations actives dans les trois classes de cristaux du système binaire. Ces oscillations sont respectivement symétriques S ou antisymétriques A : 1° par rapport à l'axe de symétrie 3 et au plan de réflexion 1-2 dans les cristaux holoèdres; 2° par rapport à l'axe 3 dans les cristaux hémièdres; 3° par rapport au plan 1-2 dans les cristaux antihémièdres. Remarques analogues sur les trois classes de cristaux du système terbinaire.

Si l'on fait tourner le cristal de 90° autour de l'axe binaire, les indices 1 et 2 se permutent, mais l'intensité des raies A reste invariable, ce qui permet en général de les reconnaître. On contrôlera la classification ainsi obtenue en recevant sur un polaroïd la lumière diffusée, *l'axe binaire étant parallèle au rayon incident*. Le facteur de dépolarisation est nul ou infini, suivant que l'oscillation est symétrique ou antisymétrique.

Nous pouvons donc classer les raies Raman avec certitude en couchant l'axe binaire sur le rayon incident et en analysant la lumière diffusée. Si l'on veut éviter l'emploi d'un analyseur, on fera tourner le cristal de 90° autour de l'axe et l'on observera le changement d'intensité des raies. Ces méthodes ont été appliquées au gypse avec succès [2].

Le tenseur s des cristaux clinorhombiques contient en général les coefficients longitudinaux a_{ii} et le coefficient transversal a_{12}, ce qui traduit le fait que, pour une oscillation symétrique, il n'y a pas contradiction à prévoir à la fois une déformation de l'ellipsoïde des réfractivités et un mouvement de cet ellipsoïde autour de l'axe binaire.

II. *Cristaux terbinaires*. — Les trois axes de symétrie du réseau seront numérotés 1, 2, 3. Les oscillations actives symétriques par rapport à l'axe 3 se classent ici suivant deux types distincts : d'une part, celles qui conservent la symétrie totale du cristal; d'autre part, celles qui sont antisymétriques par rapport aux axes 1 et 2 et aux plans 1-3 et 2-3. Les deux types d'oscillations sont définis par les tenseurs

$$(S_3S_1S_2)\begin{vmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad (S_3A_1A_2)\begin{vmatrix} 0 & b_{12} & 0 \\ b_{21} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

De même que le coefficient b_{12} correspond au type $(S_3A_1A_2)$, nous ferons correspondre c_{23} au type $(S_1A_2A_3)$ et d_{31} au type $(S_2A_3A_1)$. Les coefficients des quatre tenseurs complémentaires qui définissent les quatre types d'oscillations actives dans la diffusion de la lumière peuvent être groupés sans ambiguïté en un seul tableau

$$\begin{vmatrix} a_{11} & b_{12} & d_{13} \\ b_{21} & a_{22} & c_{23} \\ d_{31} & c_{32} & a_{33} \end{vmatrix},$$

d'où l'on tirera facilement les caractéristiques des raies Raman de chaque type.

---

(1) R. AYNARD, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 647.

En orientant l'axe 3 suivant Ox, l'axe 1 suivant Oy et l'axe 2 suivant Oz, on doit observer les intensités et les dépolarisations suivantes

	1 Y	2 Z	3 X
1 Q	⋆	⋆	⋆
2 R	b_{21}	a_{22}	⋆
3 P	d_{31}	c_{32}	⋆

	$S_3S_1S_2$	$S_3A_1A_2$	$A_3S_1A_2$	$A_3A_1S_2$
$I+i=$	a_{22}^2	b_{21}^2	c_{32}^2	d_{31}^2
$\frac{i}{I}=$	0	0	∞	∞

Pour classer les raies Raman dans l'un ou l'autre des types ci-dessus, il suffira donc d'orienter successivement deux des axes suivant Ox et d'observer la dépolarisation dans chaque cas.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

E. Raguin. *Géologie des gîtes minéraux* (présenté par M. Emm. de Margerie).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les théorèmes fondamentaux de la théorie des courbes méromorphes.* Note de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Gaston Julia.

Les considérations que nous avons développées [1] permettent d'obtenir une démonstration nouvelle très simple du troisième théorème fondamental de MM. H. et J. Weyl et de l'estimation du *terme compensateur* Ω de ces auteurs.

Au lieu de mesurer simplement l'aire de la portion de l'hypersphère S, d'équation $\Sigma|\xi_i|^2=1$, balayée par la variété $\mathcal{V}$, d'équation $\Sigma x_i\xi_i=0$, nous affecterons chaque élément d'aire d'un poids $\rho(\xi)$ égal à la densité

[1] *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 536. On trouvera dans cette Note les références des Mémoires de MM. Weyl, Ahlfors et H. Cartan. Nous continuons d'employer ici les notations de MM. H. et J. Weyl.

d'une répartition de la masse unité sur l'hypersphère. Suivant le choix fait de la fonction $\rho(\xi)$, on parvient à des relations très différentes.

Nous allons d'abord développer la méthode sur un cas particulièrement simple qui nous conduira au troisième théorème fondamental. Nous définirons la répartition par la fonction

$$\rho(\xi) = \Lambda \prod_i \frac{1}{\|\xi a_i\|^2 \log^2 \lambda \|\xi a_i\|^2},$$

λ étant une constante inférieure à 1 et Λ une constante choisie de telle sorte que $\int \rho(\xi)\, d\omega_\xi = 1$; ce choix est possible, car l'intégrale a toujours une valeur finie.

Il est facile de montrer (par une transformation unitaire) que la relation $\Sigma x_i \xi_i = 0$ entraîne $\|\xi a\|^2 \leqq \big[[xa]\big]^2$. Par conséquent, en choisissant $\lambda < 1/e^2$, on a

$$\|\xi a\|^2 \log^2 \lambda \|\xi a\|^2 \leqq \big[[xa]\big]^2 \log^2 \lambda \big[[xa]\big]^2,$$

d'où

$$\rho(\xi) \geqq \sigma(x) \quad \text{avec } \sigma(x) = \Lambda \prod_i \frac{1}{\big[[xa_i]\big]^2 \log^2 \lambda \big[[xa_i]\big]^2},$$

et enfin

$$(1) \qquad \frac{1}{S_0} \int_{(S)} n(r, \xi)\, \rho(\xi)\, d\omega_\xi \geqq \frac{1}{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\rho=0}^{r} \frac{\Sigma |f_i f'_j - f_j f'_i|^2}{(\Sigma |f_i|^2)^2} \sigma(f)\, \rho\, d\rho\, d\varphi.$$

Cette relation est essentielle dans notre démonstration. Remarquons qu'elle se réduit, dans le cas particulier $k = 1$, à l'égalité bien connue relative à la double évaluation de l'aire (mesurée avec une répartition de masse) de la surface de Riemann. La méthode d'Ahlfors s'applique maintenant sans difficulté :

$$(2) \qquad \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log \left[\frac{\Sigma |f_i f'_j - f_j f'_i|^2}{(\Sigma |f_i|^2)^2} \sigma(f) \right] d\varphi \leqq \log \frac{\lambda(r)}{2\pi}$$

avec

$$\lambda(r) = \int_0^{2\pi} \frac{\Sigma |f_i f'_j - f_j f'_i|^2}{(\Sigma |f_i|^2)^2} \sigma(f)\, d\varphi.$$

Cette dernière relation jointe à l'inégalité (1) conduit immédiatement à

$$\int^r \frac{ds}{s} \int^s \lambda(t)\, t\, dt \leqq \frac{\pi}{S_0} T(r), \quad \text{c'est-à-dire} \quad \log \frac{\lambda(r)}{2\pi} = \omega(T).$$

D'autre part

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\sigma(f)\,d\varphi = \sum_i \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\frac{1}{[[fa_i]]^2}\,d\varphi + \sum_i \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\frac{1}{\log^2\lambda[[fa_i]]^2}\,d\varphi + \log A.$$

La dernière intégrale peut être bornée inférieurement en utilisant encore le théorème sur les moyennes arithmétique et géométrique, puis le premier théorème fondamental de la théorie. On arrive finalement au troisième théorème fondamental ([2])

$$(3)\quad \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\frac{\Sigma|f_i f'_j - f_j f'_i|^2}{(\Sigma|f_i|^2)^2}\,d\varphi + \sum_i \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\frac{1}{[[fa_i]]^2}\,d\varphi = \omega(T) + 2q\log T.$$

Première remarque. — Le premier terme de la relation (3), désigné par $2\Omega_1$ dans le Mémoire cité, peut être borné supérieurement, sans difficulté, à partir de notre interprétation de $T(r)$. En effet, les relations

$$2\Omega_1 < \log p,$$

et

$$p = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\Sigma|f_i f'_j - f_j f'_i|^2}{(\Sigma|f_i|^2)^2}\,d\varphi,$$

soit

$$T(r) = \frac{1}{2\pi}\int_0^r p(r)\,r\,dr,$$

donnent aussitôt

$$p(r) < r^{-2}T^k(r) \qquad \text{et} \qquad \Omega_1(r) < \frac{\varkappa}{2}\log T(r) - \log r;$$

ces deux dernières inégalités étant valables, sauf sur un ensemble de r de mesure logarithmique totale finie (on retrouve un résultat de MM. H. et J. Weyl).

Deuxième remarque. — Pour l'application de (3), il importe d'avoir une borne inférieure de $2\Omega_1$, ou, si l'on veut, une borne supérieure de

$$4T(r) + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log\frac{1}{\Sigma|f_i f'_j - f_j f'_i|^2}\,d\varphi.$$

([2]) Le coefficient $2q$ peut être remplacé par $q\varkappa$ avec $\varkappa > 1$, comme on le voit facilement en remplaçant dans la fonction $p(\xi)$ la puissance 2 du logarithme par $1+\varkappa$.

L'intégrale, qui avait une signification particulièrement simple pour $k=1$, est certainement inférieure à $o(1)-2N(r, f_i f'_j - f_j f'_i)$, quel que soit le couple (i, j).

Enfin la méthode que nous venons de développer peut encore s'appliquer à la distribution définie par la fonction

$$\rho(\xi)=\Omega \prod_i \frac{1}{[[\xi a_i]]^{2k} \log^2 \lambda [[\xi a_i]]^2},$$

On ne peut alors utiliser une inégalité de la forme $\rho(\xi) \geq \sigma(x)$; il faut effectuer l'intégration sur la sphère (S), et l'on est conduit à des résultats qui sont à rapprocher de ceux de M. Henri Cartan.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Progrès récents des techniques d'analyse micromécanique des métaux.* Note (1) de MM. **Pierre Chevenard**, **Xavier Waché** et **Eugène Joumier**, présentée par M. Léon Guillet.

Dès 1934, l'un de nous s'est proposé l'étude mécanique des métaux sur de très petites éprouvettes et a réalisé, dans ce but, une micromachine capable des essais de traction, de cisaillement et de flexion (2). Les barreaux ont une longueur de l'ordre du centimètre et un diamètre de l'ordre du millimètre, c'est-à-dire sont mille fois moins volumineux que les éprouvettes classiques. Les diagrammes *effort-déformation* sont enregistrés photographiquement.

L'intérêt des résultats obtenus nous a incités à construire d'autres micromachines, en particulier pour les essais de *choc*, de *fluage*, de *torsion statique ou alternée* et de *frottement interne*. Voici la description succincte de ces appareils, réalisés au Laboratoire d'Imphy.

Micromouton de choc ($0^{kgm},25$). — Dérivé du mouton-pendule Charpy, l'appareil rompt par traction une éprouvette du type Landwerlin en forme de diabolo : le diamètre, à fond de gorge, est de $1^{mm},5$ et le rayon de courbure de $0^{mm},5$. Le mouton proprement dit pèse 12^g. Lancé par un ressort de torsion, il attaque l'éprouvette à la vitesse de 20 m/sec. Afin de bannir tout frottement, on enregistre l'angle de remontée du pendule par la course d'un point lumineux sur un papier sensible.

---

(1) Séance du 9 décembre 1940.

(2) P. Chevenard, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 212.

Microappareil de fluage. — La microéprouvette à têtes filetées a $1^{mm},5$ de diamètre et 7^{mm} de longueur utile. Elle supporte une charge constante, créée directement par un poids et transmise par des tiges d'amarrage en alliage fer-nickel-chrome-tungstène tenace à chaud. Un four électrique à réglage automatique maintient la température uniforme et constante à 0,1 degré près. L'allongement de l'éprouvette, mesuré suivant l'axe, est transmis à un miroir par des palpeurs de silice fondue et, amplifié 1275 fois, s'enregistre sur un tambour de chronographe. Les vitesses d'écoulement visqueux déterminées à l'aide de ce microappareil ne diffèrent pas systématiquement des vitesses mesurées par les machines usuelles.

Micromachines pour essais de torsion alternée et de torsion statique. — Ces deux appareils sont de nouvelles applications du trépied optique pivoté aux trois sommets d'un triangle rectangle.

La figure 1 représente le schéma de la micromachine pour essai de

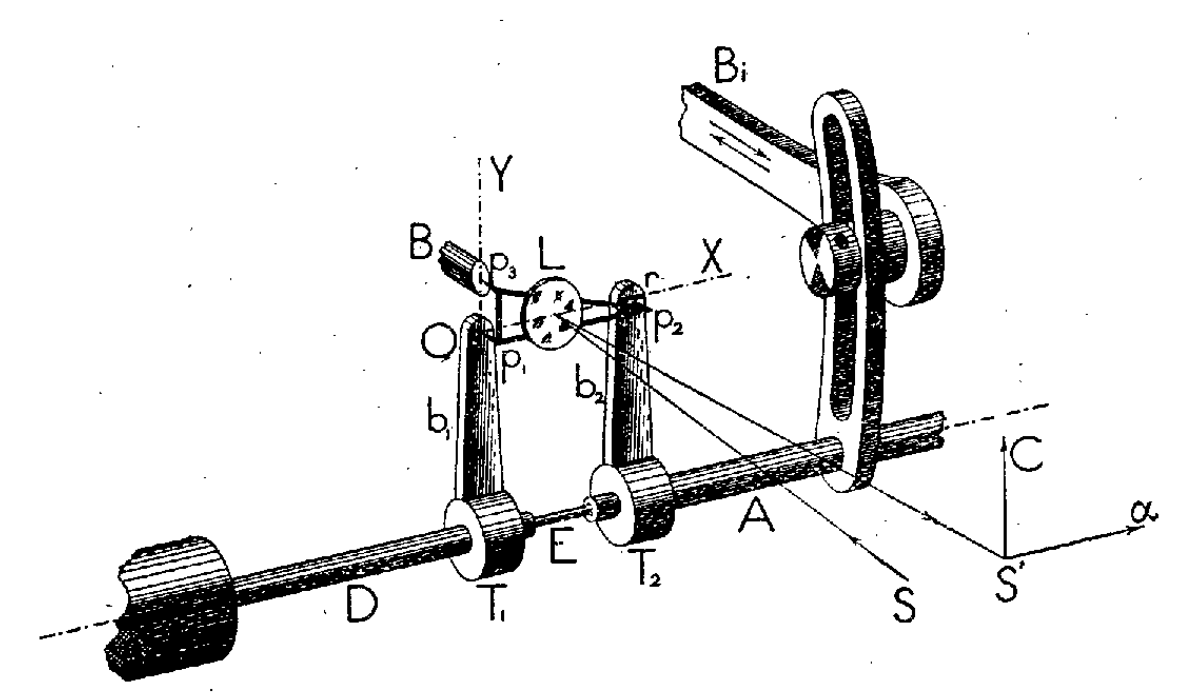


Fig. 1. — Schéma de la micromachine pour essai de torsion alternée.

torsion alternée. La microéprouvette $E(1,5 \times 7^{mm})$ est rendue solidaire des deux têtes de torsion T_1, T_2 montées, l'une à l'extrémité d'un barreau dynamomètre D en élinvar, l'autre au bout de l'arbre oscillant A. Cet arbre reçoit son mouvement alternatif d'un excentrique tournant à 25 tours/seconde, par une bielle Bi et un maneton de longueur réglable.

Deux bras b_1 et b_2 transmettent au trépied optique L les mouvements angulaires des têtes de torsion. Quand l'arbre A oscille, le miroir concave du trépied dévie autour des deux axes rectangulaires OX et OY, et l'image S' de la source ponctuelle S décrit une courbe enregistrée sur plaque sensible : les coordonnées sont respectivement proportionnelles à

l'angle de la torsion α de l'éprouvette et au couple C repéré par la torsion du barreau D.

Il est aisé de suivre les modifications du cycle *couple-torsion* au fur et à mesure que l'éprouvette se fatigue (*fig.* 2). La netteté des tracés permet

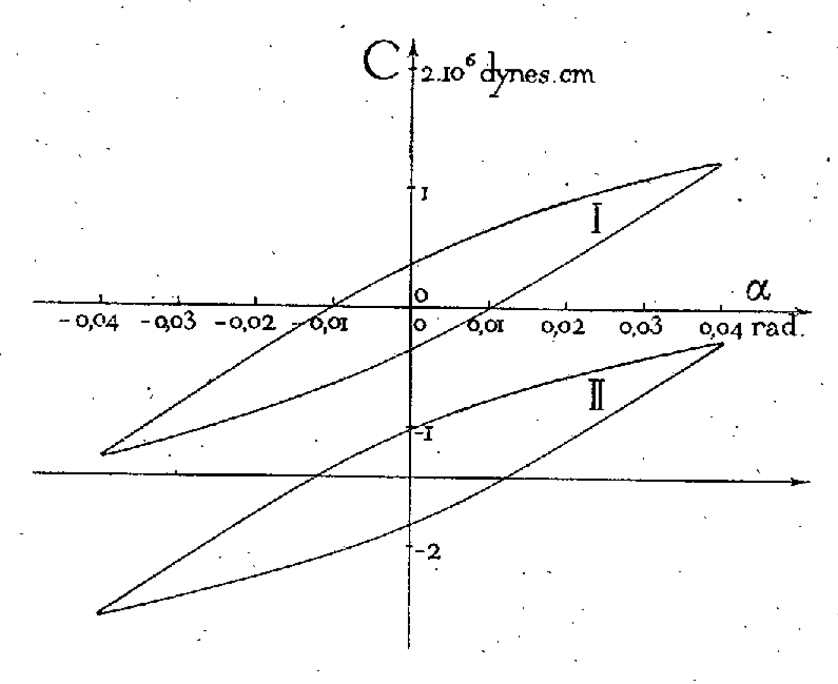


Fig. 2. — Ferronickel chromé à 19 % Ni et 23 % Cr à l'état recuit. Essais de torsion alternée à la fréquence de 25 cycles par seconde. — Courbe I : Cycle « couple-torsion » enregistré au début de l'essai. — Courbe II : Cycle « couple-torsion » enregistré 1^h40^m après le début de l'essai.

de planimétrer avec précision l'aire embrassée par le cycle, c'est-à-dire d'évaluer l'énergie dissipée par frottement interne.

La micromachine pour essai de torsion statique procède du même principe, mais l'arbre A tourne d'un mouvement continu et lent jusqu'à la rupture de l'éprouvette. Les déplacements communiqués aux pointes mobiles du trépied optique demeurent proportionnels aux torsions des têtes T_1, T_2, mais sont fortement démultipliés, de manière à faire correspondre l'étude du diagramme à 4 ou 5 tours de la tête T_2.

Micropendule de Coulomb pour essais de frottement interne. — L'altération progressive d'un métal exposé à la fatigue se caractérise avec sensibilité par les changements du frottement interne. L'appareil utilisé est un pendule de Coulomb construit pour une microéprouvette de 1,5 sur 7^{mm}. Toute la carcasse, très robuste, est suspendue à un fil sans torsion sensible; le volant est lancé par un procédé électromagnétique, et la diminution de l'amplitude est enregistrée photographiquement.

Au moyen de ces microappareils, il est désormais possible d'étudier complètement un alliage coûteux au prix d'une dépense de métal inférieure à 500^g. A partir d'un minime prélèvement, on peut contrôler une pièce mécanique importante, faire l'expertise d'un échantillon rare, d'un éclat

de pièce brisée, d'un objet de collection. On peut, comme le recommandait Frémont, sonder une pièce anisotrope ou hétérogène, c'est-à-dire étudier un échantillon unigrane suivant ses directions cristallographiques, explorer de manière quasi ponctuelle un lingot ou une pièce moulée, forgée, traitée etc., au voisinage d'une poche de retassure, d'une crique, d'une inclusion, à l'intérieur d'une portion ségrégée, écrouie ou trempée localement, cémentée ou décarburée etc. Ainsi se justifie le nom d'*analyse micromécanique* donné à l'ensemble de ces procédés d'investigation.

Ajoutons que la précision des essais mécaniques gagne à l'emploi de petites éprouvettes, dont l'usinage exact ne présente pas de sérieuses difficultés. Les micromachines, faciles à tarer, à vérifier et à maintenir en parfait état de marche, s'accommodent à la perfection de l'enregistrement photographique dont on connaît les nombreux avantages : économie de temps et de main-d'œuvre, documents impersonnels, et surtout perfection des tracés.

RELATIVITÉ. — *Théorie de l'expérience de MM. Dufour et Prunier* (¹). Note (²) de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Afin d'écarter diverses objections, donnons d'abord un calcul rigoureux des effets Harress (³) et Sagnac (⁴). Prenons comme référence un *système galiléen quelconque* dont nous négligeons la composante de vitesse normale au disque. Soit I le *centre instantané de rotation* : c'est l'emplacement *arbitraire* occupé par un hypothétique *observateur entraîné* par le disque. *Au premier ordre*, les propriétés de la Cinématique classique subsistent, et tout se passe comme si le disque tournait autour du point I avec sa vitesse angulaire $\vec{\omega}$.

Imaginons un *circuit arbitraire fermé* $\mathcal{C}$, *solidaire du disque, intérieur à la fois aux deux faisceaux interférents;* soit $\mathcal{A}$ l'aire de sa projection sur

(¹) *Sur un déplacement de franges enregistré sur une plateforme en rotation uniforme*, Paris, 1940.

(²) Séance du 9 décembre 1940.

(³) Franz Harress, *Die Geschwindigkeit des Lichts in bewegten körperr* (*Dissertation*, Jena, 1912).

(⁴) G. Sagnac, *Journal de Physique*, 4, 1914, p. 177.

le disque. *D'après Huyghens* il est parcouru dans les deux sens par *de la lumière*. Pour ce circuit, le *retard dû à la rotation* sera trouvé égal à $4\mathcal{A}\omega/c^2$; si les faisceaux sont minces et déterminent une aire élevée, $\mathcal{A}$ varie peu d'un circuit $\mathcal{C}$ à l'autre, de sorte que le retard précédent, calculé pour un *circuit moyen*, vaudra pour *l'ensemble des faisceaux*.

Soient P un point du circuit, $\vec{t}$ le vecteur-unité tangent; posons $\vec{r} = \mathrm{P} - \mathrm{I}$. *Dans le système galiléen entraîné par* P, la vitesse de la lumière en P est isotrope et vaut c/n (n désignant l'indice des prismes de Harress; $n = 1$ dans l'expérience de Sagnac). *Dans le système galiléen entraîné par* I, la composante tangentielle au circuit de la vitesse du point P vaut

$$v_t = (\vec{\omega} \wedge \vec{r})\vec{t} = \vec{\omega}(\vec{r} \wedge \vec{t});$$

sur le même axe et dans chaque sens, la vitesse de la lumière vaut en module, d'après la règle *habituelle de composition des vitesses*,

$$c' = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) v_t.$$

Pour l'observateur entraîné I, la *vitesse de la lumière par rapport au disque* s'obtient par différence des valeurs précédentes; il vient, *pour les deux sens, des valeurs inégales*

$$c_1 = \frac{c}{n}\left(1 - \frac{\beta_t}{n}\right), \qquad c_2 = \frac{c}{n}\left(1 + \frac{\beta_t}{n}\right)$$

$(\vec{\beta} = \vec{v}/c)$; pour un petit élément de circuit $\vec{dl}$ placé en P, les deux *durées de parcours* correspondantes sont, au premier ordre,

$$dt_1 = \frac{n\,dl}{c}\left(1 + \frac{\beta_t}{n}\right), \qquad dt_2 = \frac{n\,dl}{c}\left(1 - \frac{\beta_t}{n}\right),$$

d'où, par différence, le *retard partiel* δt, qui est *indépendant de l'indice* n; et, par intégration le long du circuit, le *retard total* Δt :

$$\delta t = 2\frac{v_t\,dl}{c^2} = 2\frac{\vec{\omega}(\vec{r} \wedge \vec{dl})}{c^2} = \frac{4\omega}{c^2}d\mathcal{A}, \qquad \Delta t = \frac{4\mathcal{A}\omega}{c^2}.$$

Les *retards partiels* δt sont *relatifs* au lieu I occupé par l'observateur; le *retard total* Δt est, au premier ordre, *absolu*. Physiquement, c'est le *déphasage* $\nu_0 \Delta t$ qui est matérialisé par le système de franges (ν_0 désignant la fréquence sur le séparateur); c'est rigoureusement un *invariant*.

Dans le dispositif de MM. Dufour et Prunier, le disque porte un élément

non fermé de circuit de Sagnac FDEOKJ comportant le séparateur en O; les deux rayons d'entrée et de sortie DF et KJ prolongés *passeraient par l'axe matériel du disque;* deux miroirs à 45° F et J, portés par le disque, les renvoient *parallèlement à cet axe*, puis deux miroirs à 45° fixes G et I les ramènent *parallèles aux directions* DF *et* KJ suivant GH et IH; le circuit se ferme sur un miroir fixe H, *dont le plan contient l'axe matériel du disque* (5).

Il est alors possible de définir un circuit $\mathcal{C}$, *solidaire du disque*, *astreint :* 1° *à rester intérieur à la fois aux deux faisceaux interférents pendant la durée utile* (*très brève*) *de l'expérience;* 2° *à rencontrer le miroir fixe* H *en un point* H_0 *du prolongement* (*virtuel*) *de l'axe matériel du disque;* $\mathcal{C}$ est visiblement un *circuit moyen* pour l'ensemble des faisceaux, et le calcul précédent, ainsi que son résultat, sont entièrement valables.

En d'autres termes, le dispositif de MM. Dufour et Prunier est *équivalent à celui de Sagnac*; le déphasage $\nu_0 \Delta t$ est *proportionnel à l'aire* $\mathcal{A}$ *suivant laquelle le circuit* ODEFGHIJKO *se projette sur le disque;* pour calculer ce déphasage, *aucun système galiléen n'est privilégié.*

Terminons par quelques remarques. L'observateur appartenant à un *solide tournant* trouve que la vitesse de la lumière est *anisotrope*, cette anisotropie étant proportionnelle : 1° à la *distance* r qui le sépare du point observé; 2° à la *vitesse angulaire* ω. Il n'y a là aucune contradiction avec le Postulat de Base de la Relativité, parce que : 1° l'anisotropie disparaît lorsque $r \to 0$, c'est-à-dire au point occupé par l'observateur; 2° elle disparaît partout lorsque $\omega \to 0$, c'est-à-dire dans un système galiléen.

Imaginons maintenant que l'observateur I considère un interféromètre de Michelson fonctionnant sur le disque en un lieu distant P; si les deux *bras* sont égaux, *le déphasage est nul*, et l'observateur I le juge bien tel. En même temps, *il juge inégales les deux vitesses de la lumière suivant le bras longitudinal.* Ces deux affirmations ne sont pas contradictoires, parce que *la contraction de Lorentz joue pour le bras longitudinal.*

---

(5) Vu l'impossibilité matérielle de placer un miroir fixe sur l'axe du disque, le miroir H est virtuel et remplace trois miroirs fixes réels. Les deux dispositifs étant équivalents dans leur *système galiléen propre*, ils le sont dans tous.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les étoiles en pulsation.*
Note [1] de M. ÉMILE SEVIN, présentée par M. Ernest Esclangon.

Tout d'abord, nous représenterons par des lettres ordinaires les grandeurs afférentes, à un moment quelconque, à l'état pulsatoire d'une étoile, et par les mêmes lettres, affectées de l'indice i, les grandeurs correspondantes dans la position d'équilibre statique. Soit $\mathcal{F}$ la fraction de r_i qui mesure la demi-amplitude de la pulsation à la distance r_i du centre; à l'instant t, l'élongation et l'accélération valent respectivement

$$\mathcal{F} r_i \sin(Nt + N_1) \quad \text{et} \quad -\mathcal{F} r_i N^2 \sin(Nt + N_1).$$

Introduisons l'expression de l'accélération dans l'équation différentielle générale de l'équilibre dynamique des étoiles [2]. Sous la seule restriction que cette accélération reste petite par rapport à l'accélération de la pesanteur, il vient

$$\frac{dP}{P} = \frac{4}{3}\left[1 + \frac{1}{3}\frac{r_i}{g_i}\mathcal{F} N^2 \sin(Nt + N_1)\right]\frac{d\rho}{\rho}.$$

Puis remplaçons dP, P, $d\rho$ et ρ par dP_i, P_i, $d\rho_i$ et ρ_i, ce que nous pouvons faire à condition d'ajouter un terme correctif dans le crochet. Pour que l'état pulsatoire subsiste, il est nécessaire que ce terme soit de la forme $-(1/3)(\mathcal{F}/x)\sin(Nt + N_1)$, où x est un nombre sans dimensions *a priori* inconnu. L'équation prend alors la forme

$$\frac{dP_i}{P_i} = \frac{4}{3}\left[1 + \frac{1}{3}\left\{\frac{r_i}{g_i}\mathcal{F} N^2 \sin(Nt + N_1) - \frac{\mathcal{F}}{x}\sin(Nt + N_1)\right\}\right]\frac{d\rho_i}{\rho_i},$$

et elle se décompose en deux autres : 1° l'équation de l'équilibre statique

$$\frac{dP_i}{P_i} = \frac{4}{3}\frac{d\rho_i}{\rho_i};$$

2° l'équation des pulsations

$$\frac{r_i}{g_i}N^2 = \frac{1}{x} \quad \text{ou} \quad \theta^2 = 4\pi^2\frac{r_i}{g_i}x.$$

Pour déterminer x, nous écrirons que le phénomène est cohérent, c'est-à-dire que la période θ demeure invariable quand on passe d'un point à un

(1) Séance du 9 décembre 1940.
(2) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 540.

autre de l'étoile. Or, à la distance r_i du centre, la position d'un point est caractérisée par le rapport $r_i/\mathcal{R}_i$, $\mathcal{R}_i$ étant le rayon de l'astre, et il convient de prendre pour x le rapport associé qui, multiplié par r_i/g_i, donne une constante. En utilisant les coordonnées d'Emden, il apparaît que ce rapport est celui des densités moyennes à l'intérieur de la sphère de rayon r_i et dans tout le corps de l'étoile :

$$\frac{r_i}{g_i}\frac{\bar{\rho}_{r,i}}{\bar{\rho}_{\mathcal{R},i}} = \frac{3\rho_{0.i}}{4\pi G u_0^3 \bar{\rho}_{\mathcal{R},i}} = \frac{\mathcal{R}_i}{g_{\mathcal{R},i}},$$

où $g_{\mathcal{R},i}$ est l'accélération de la pesanteur à la surface.

Ainsi, en supprimant maintenant les indices i pour alléger les notations,

$$\theta = 2\pi\sqrt{\frac{\mathcal{R}}{g_{\mathcal{R}}}} = 2\pi\sqrt{\frac{\mathcal{R}^3}{GM}},$$

et la période de pulsation d'une étoile est égale à la période d'un pendule simple, de longueur $\mathcal{R}$, oscillant dans un champ d'accélération $g_{\mathcal{R}}$.

La relation période-luminosité de Shapley, applicable aux Céphéides, est une conséquence de cette loi simple. Celle-ci, rapprochée de la loi du rayonnement, conduit à la formule

$$\frac{(1-\beta)^{\frac{7}{6}}}{\beta^{\frac{11}{12}}} = 3,22.10^{-13}\mu^{\frac{5}{12}}\theta^{\frac{5}{6}}T_e^2,$$

qui détermine β en fonction, d'une part, du poids moléculaire moyen μ, d'autre part, de la période θ et de la température effective T_e, qui sont fournies par l'observation. Ensuite, β et T_e étant connus, on peut calculer toutes les caractéristiques de l'étoile et, en particulier, sa magnitude absolue. On retrouve la courbe de Shapley, mais décalée de $+0,09$ magnitude, et ainsi est résolue la question du *Point Zéro* (3).

On peut encore opérer d'une façon plus complète et plus satisfaisante. En désignant par c la vitesse de la lumière et par λ un certain paramètre numérique, posons

$$(1)\qquad \frac{GM}{\mathcal{R}} = \frac{2c^2\lambda^2}{\left(\frac{27}{2}137\right)^2} = \frac{2c^2\lambda^2}{(1849,5)^2}.$$

Pour toutes les Céphéides dont la période est supérieure à 25 jours, λ est

(3) SHAPLEY, *Star clusters*, New-York, 1930, p. 149.

égal à l'unité, et ce paramètre ne croît que très lentement pour les Céphéides de plus courte période; c'est ainsi qu'il ne vaut pas plus de 1,08 pour δ Cephei, dont la période est de 5,37 jours. Cela signifie que le potentiel de gravitation, à la surface des Céphéides à longue période, présente un caractère quantique qui n'est que très lentement modifié par l'évolution.

Dès lors, on peut écrire les six relations suivantes, qui concernent le rayon $\mathcal{R}$, la masse $M/\odot$, la température centrale T_0, la luminosité L, la magnitude bolométrique absolue m_b, la température effective T_e, et dans lesquelles la période θ' est évaluée en jours :

$$\mathcal{R} = 3,15.10^{11}\lambda\theta', \qquad \frac{M}{\odot} = 1,26\lambda^3\theta', \qquad T_0 = 5,45.10^6\mu\lambda^2\beta,$$

$$L = 9,90.10^{36}\mu^{-\frac{3}{2}}\lambda\left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{\frac{5}{2}},$$

$$m_b = -3,78 + 3,75\log\mu - 2,5\log\lambda - 6,25\log\frac{1-\beta}{\beta},$$

$$T_e = 1,93.10^4\mu^{-\frac{3}{8}}\lambda^{-\frac{1}{4}}\left(\frac{1-\beta}{\beta}\right)^{\frac{5}{8}}\theta'^{-\frac{1}{2}}.$$

Ces relations sont applicables à toutes les Céphéides, y compris celles du groupe de β Canis Majoris, qui constituent leur raccord avec les étoiles de l'époque primaire.

Enfin en substituant, dans la formule (1), le nombre quantique 137 au nombre quantique 1849,5, on définit une seconde série d'étoiles analogues aux Céphéides. Elles sont du domaine de l'époque présecondaire et leurs périodes de pulsation sont très courtes.

OPTIQUE. — *Sur un nouveau monochromateur très dispersif pour l'ultraviolet.* Note de M. **Maurice Schérer**, présentée par M. Aimé Cotton.

En vue d'effectuer certaines recherches de magnétooptique, j'ai construit un appareil présentant les caractéristiques suivantes : bandes sortantes de largeur réglable pouvant être très faible, absence de lumière parasite hors de cette bande, enfin facteur de transmission aussi élevé que possible.

Un premier monochromateur très dispersif est constitué par un collimateur horizontal à miroir concave M (miroir aluminé de 200^{mm} de foyer) qui renvoie un faisceau parallèle suivant une direction voisine de son axe.

Le faisceau traverse un prisme de quartz du type Lucas-Schwob ([1]) (hauteur d'arête 35^{mm}), prisme qui est placé près de la fente d'entrée mais à un niveau inférieur, et dont les arêtes sont obliques sur la verticale. Un miroir plan aluminé renvoie le faisceau émergent en sens inverse à travers le même prisme, de façon que le miroir M donne dans le plan de la fente F_1 un spectre très dispersé : en effet cette double traversée du prisme équivaut à l'emploi de deux prismes de 60°. Un petit miroir aluminé m réglable situé près de F renvoie à angle droit une portion du spectre sur une seconde fente F_2 symétrique de F_1 par rapport à m. La première fente F_1 est éclairée à l'aide d'un condenseur achromatique.

L'élimination de la lumière diffusée par les pièces optiques de cette partie de l'appareil est faite dans un deuxième monochromateur constitué, comme d'habitude, par deux miroirs concaves aluminés et un second prisme de quartz à déviation constante traversé une seule fois : la disposition des organes est symétrique de la partie ci-dessus décrite. L'objectif de sortie est un achromat de $f = 200^{mm}$ et de 35^{mm} d'ouverture, placé d'une façon symétrique du condenseur par rapport à la fente intermédiaire, de sorte que les faisceaux d'entrée et de sortie soient parallèles. La rotation des plates-formes des prismes est commandée par une même vis à pas différentiel de $0^{mm},25$ avec rattrapage de jeu. Une spirale plane permet le repérage des longueurs d'onde. L'appareil est monté sur un socle à vis calantes; ce socle suppose un secteur denté qui permet de changer l'orientation du faisceau monochromatique obtenu.

Les essais, effectués à l'aide d'un spectrographe et d'une lampe à vapeur de mercure SP 500, indiquent que la largeur de la bande sortante est la suivante : 6 Å à 2700 Å, 18 vers 3000, et 50 Å vers 4000 avec des fentes de $0^{mm},35$. Cette largeur de bande devient respectivement 10, 25, 100 Å quand les trois fentes ont $0^{mm},55$. Il est possible, à l'aide de la spirale, de revenir à une longueur d'onde déterminée avec une précision de 2 à 3 Å dans le voisinage de 2700 Å, précision qui peut être meilleure encore pour des longueurs d'onde plus courtes.

([1]) *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 43.

OPTIQUE. — *Dispersion de biréfringence du quartz.* Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les formules les plus récentes permettant de calculer la biréfringence du quartz en fonction de la longueur d'onde, à savoir celles de Coode-Adams [1] et de Engl [2], ne traduisent plus les résultats dans l'ultraviolet de Schumann, où j'ai pu effectuer des mesures jusqu'à la limite de transparence du quartz [3]. Les écarts dépassent 10 %.

Il m'a paru intéressant, au lieu de modifier ces formules d'ailleurs complexes, de chercher directement une formule nouvelle exprimant mieux les résultats.

Je suis arrivé à la formule *très simple* suivante, où $(n_e - n_0)$ représente la biréfringence et λ_v la longueur d'onde par rapport au vide exprimée en Å :

$$10^3.(n_e - n_0) = \frac{8,733.10^{-6}.\lambda_v^2}{10^{-6}.\lambda_v^2 - 1,325}.$$

Elle est valable de 8000 Å à 1500 Å.

Les écarts entre valeurs observées et valeurs calculées ne dépassent pas 6 ‰, et *l'écart moyen est de* 3,5 ‰, comme le montre le tableau ci-dessous.

λ_v	$\Delta n.10^3$ Observé.	$\Delta n.10^3$ Calculé.	Écart ‰.	λ_v	$\Delta n.10^3$ Observé.	$\Delta n.10^3$ Calculé.	Écart ‰.
8000.....	8,89	8,918	+3,1	2000.....	$13,01_5$	13,059	+3,4
7000.....	$8,97_5$	8,976	+0,1	1950.....	13,33	$13,403_5$	+5,5
6000.....	$9,09_5$	9,067	−3,1	1850.....	14,18	14,250	+4,9
5000.....	9,26	9,222	−4,1	1750.....	15,30	15,393	+6,1
4000.....	9,57	$9,521_5$	−5,1	1650.....	16,95	17,013	+3,7
3000.....	10,29	10,241	−4,8	1550.....	19,50	19,472	−1,4
2500.....	$11,10_5$	$11,082_5$	−2,0	1500.....	21,37	21,242	−6,0
2250.....	$11,82_5$	11,829	+0,3				

$(\Delta n = n_e - n_0)$.

La formule fait intervenir les longueurs d'onde *par rapport au vide*. Il était nécessaire de les utiliser pour la région de Schumann, et j'en ai étendu l'emploi à l'ultraviolet proche et au spectre visible.

(1) *Proceedings of the Royal Society of London*, A, **117**, 1927, p. 209; A, **121**, 1928, p. 476.

(2) *Annalen der Physik*, **25**, 1936, p. 600.

(3) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 230; *Annales de Physique*, **12**, 1939, p. 397.

Contrairement aux formules de dispersion rotatoire du quartz, la formule proposée ne fait intervenir qu'une seule *longueur d'onde propre* d'absorption, λ_0 1151 Å.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage du soufre par microsédimentation. Application au sang.* Note de M. **Radu Vladesco**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le dosage du soufre, utilisant la précipitation de l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryum ou de benzidine, loin d'être irréprochable, même lorsqu'on a affaire à des quantités notables, est extrêmement délicat lorsqu'il s'agit de quantités très réduites de ce corps.

Tel est le cas, par exemple, des liquides biologiques où la teneur en soufre ne dépasse pas, assez souvent, quelques dizaines de milligrammes par litre.

Nous avons pensé que la microsédimentation, utilisée par nous pour le dosage de très petites quantités de sucres réducteurs (¹), pourrait éventuellement être appliquée aussi pour le soufre.

Tout d'abord, il faut mentionner que H. I. Hamburger a préconisé, le premier, la séparation du sulfate de baryum par centrifugation, dans son Chonohämatokrite (une sorte d'Hämatokrite) dont une division correspond à 98 gamma de soufre (²).

Avec cette technique, il a pu doser le soufre dans l'urine.

Ce procédé, par les opérations qu'il comporte et par l'appareillage qu'il nécessite, est non seulement peu pratique, mais il expose à des pertes, de sorte qu'il n'est pas indiqué pour les liquides très pauvres en soufre.

Après de nombreux tâtonnements, nous nous sommes arrêté à la technique suivante, qui comporte deux parties : 1° l'étalonnage du tube, et 2° le dosage proprement dit.

Étalonnage. — On remplit la partie capillaire du tube avec de l'eau distillée (il est indispensable que le capillaire ne contienne pas de bulles d'air, car leur présence empêche la sédimentation) et l'on ferme son extrémité avec de la cire de Golaz.

Dans le tube ainsi préparé, on introduit 2^{cm^3} de la solution titrée (sulfate

---

(¹) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 260.

(²) *Bioch. Ztschr.*, **77**, 1916, p. 168.

d'ammonium), 1^{cm^3} d'une solution de chlorure de baryum à 33 %, goutte à goutte, et 2^{cm^3} d'une solution d'acide trichloracétique à 20 %.

On mélange à l'aide d'un fil de platine et l'on soumet à la centrifugation pendant une durée et sous une vitesse déterminées et toujours les mêmes.

Dans un tube dont le capillaire mesurait $0^{mm},5$ de diamètre, avec une solution titrée de sulfate d'ammonium, nous avons trouvé les chiffres suivants :

S.....	9	19	28	37	46	56	65	74	93	111	130	148	167	183
H.....	0,25	0,75	1,50	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	12,5

S soufre en γ; H hauteur en millimètres.

Dosage. — Il s'effectue en remplaçant la solution de sulfate d'ammonium par le liquide organique préalablement désalbuminé avec un volume égal de solution d'acide trichloracétique à 20 %. En procédant de cette façon, nous avons trouvé dans le sérum sanguin du cobaye des teneurs en sulfate (exprimées en soufre) variant entre 17^{mg} et 20^{mg} par litre.

L'expérience nous a montré que le soufre ajouté à une prise d'essai de sérum est retrouvé à une erreur près de 4 %. Ajoutons enfin que, pour un tel dosage, $2^{cm^3},5$ de sérum suffisent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides arylidène-homophtaliques.* Note (1) de M. **Buu-Hoï**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons récemment montré que l'anhydride homophtalique est susceptible de se condenser avec les aldéhydes aromatiques en présence de bases tertiaires, ou même parfois sans intervention de catalyseurs (2). Cette réaction montre, en confirmation des recherches de Paul Kalnin (3) et d'Eugen Müller (4), la faiblesse de la théorie de R. Fittig concernant le mécanisme général des réactions de Perkin.

En vue de préparer les acides arylidène-homophtaliques (III) en quantités suffisantes pour leur étude chimique, nous avons effectué la condensation des aldéhydes avec l'homophtalate d'éthyle (I) en présence d'éthylate de sodium. Cette réaction, déjà employée autrefois par

(1) Séance du 2 décembre 1940.
(2) Buu-Hoï, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 330.
(3) *Helvetica Chimica Acta*, **11**, 1928, p. 977.
(4) *Liebig's Annalen*, **491**, 1931, p. 251.

W. Dieckmann dans un seul cas, celui de la benzaldéhyde [5], s'est montrée d'une application absolument générale, et nous a permis d'introduire les radicaux les plus variés sur la chaîne latérale de l'acide homophtalique.

La technique de la condensation est fort simple : elle consiste à chauffer, à 60°, le mélange réactionnel, puis à saponifier par la soude aqueuse le produit d'addition sodé formé (II) :

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH^2—CO^2C^2H^5\\CO^2C^2H^5\end{matrix}\right. \xrightarrow{C^2H^5ONa} C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH=C\left\langle\begin{matrix}ONa\\OC^2H^5\end{matrix}\right.\\CO^2C^2H^5\end{matrix}\right.$$

(I). (forme énolique)

$$\xrightarrow{+R—CHO} C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH\left\langle\begin{matrix}HC\left\langle\begin{matrix}ONa\\R\end{matrix}\right.\\CO^2C^2H^5\end{matrix}\right.\\CO^2C^2H^5 \downarrow\end{matrix}\right. \xrightarrow{NaOH+H^2O} C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH\left\langle\begin{matrix}CHOH—R\\CO^2Na\end{matrix}\right.\\CO^2Na\end{matrix}\right. \underset{+ClH}{\xrightarrow{-H^2O}} C^6H^4\left\langle\begin{matrix}C\left\langle\begin{matrix}\!\!=CH—R\\CO^2H\end{matrix}\right.\\CO^2H\end{matrix}\right.$$

(II) (peu soluble dans l'alcool) (III).

Nous avons préparé ainsi, avec des rendements théoriques, la série des composés suivants :

1° *Acide benzylidène-homophtalique* $C^{16}H^{12}O^4 (R = C^6H^5)$, F. 215°, au lieu de 210° dans la littérature; réagit à froid sur le chlorure d'acétyle pour donner *l'anhydride benzylidène-homophtalique* $C^{16}H^{10}O^3$ (F. 140°, au lieu de 135° comme l'indique Dieckmann). La double liaison est facilement réduite par l'amalgame de sodium, et l'on obtient *l'acide benzylhomophtalique* $C^{16}H^{14}O^4$ (IV) avec des rendements théoriques, F. 164°. L'action du brome en solution acétique conduit à un *acide benzylidène-homophtalique dibromé* $C^{16}H^{12}O^4Br^2$ (V), F. 200° (avec décomp.), susceptible de donner une combinaison cristallisée avec une molécule d'acide acétique (gros prismes réfringents, incolores).

$$C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH\left\langle\begin{matrix}—CH^2—C^6H^5\\CO^2H\end{matrix}\right.\\CO^2H\end{matrix}\right. \qquad C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CBr\left\langle\begin{matrix}—CHBr—C^6H^5\\CO^2H\end{matrix}\right.\\CO^2H\end{matrix}\right. \qquad C^6H^4\left\langle\begin{matrix}CH\left\langle\begin{matrix}—CH^2—C^6H^4OCH^3\\CO^2H\end{matrix}\right.\\CO^2H\end{matrix}\right.$$

(IV). (V). (VI).

2° *Acide p-anisylidène homophtalique* $C^{17}H^{14}O^5 (R = C^6H^4OCH^3_{(4)})$; cristaux très légèrement teintés de jaune, peu solubles dans l'éther, solubles dans l'acide acétique, fondant vers 208-209° avec déshydratation. La réduction par l'amalgame de sodium conduit à *l'acide paraméthoxybenzylhomophtalique* (VI), fins cristaux incolores, F. 163°.

---

[5] *Ber. d. chem. Ges.*, 47, 1914, p. 1432.

3° *Acide vératrylidène-homophtalique* $C^{18}H^{16}O^6[R = C^6H^3(OCH^3)^2_{(3.4.)}]$; F. 196-197° (avec décomp.), presque incolore, transformé facilement par le chlorure d'acétyle en *anhydride* $C^{18}H^{14}O^5$ orangé F. 189°, soluble dans SO^4H^2 pur en rouge foncé.

4° *Acide pipéronylidène-homophtalique* $C^{17}H^{12}O^6(R = C^6H^3 \langle {}^{O}_{O} \rangle CH^2_{(3.4.)})$; poudre cristalline incolore, très peu soluble dans l'eau, peu soluble dans l'acide acétique, F. 235° (avec déshydratation).

5° *Acide m-nitrobenzylidène-homophtalique* $C^{16}H^{11}O^6N(R = C^6H^4—NO^2_{(3)})$; cristaux jaune très pâle, F. 216° (avec décomp.).

6° *Acide furylidène-homophtalique* $C^{14}H^{10}O^5(R = C^4H^3O)$; cristaux incolores, F. 216° (avec décomp.); réductible par l'amalgame de sodium en *acide furylhomophtalique* $C^{14}H^{12}O^5$, F. 120°, cristaux incolores très solubles dans l'acide acétique.

Les acides arylidène-homophtaliques sont tous soit incolores, soit très faiblement colorés; ils sont donc voisins des acides fulgéniques de Stobbe, cependant que leurs anhydrides sont à ranger à côté des fulgides fortement colorés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de préparation des triols*-1.4.5. Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des recherches récentes ont établi que les alcools tétrahydrofuraniques

$$\underbrace{CH^2.CH^2.CH^2.CH}_{O}.CHOH.R$$

pouvaient être préparés avec de bons rendements à partir du furfural, produit qu'on obtient aujourd'hui en grande quantité par hydrolyse de la balle des céréales.

Il a paru utile de préciser dans quelles conditions il était possible de passer de ces alcools aux triols correspondants

$$CH^2OH.CH^2.CH^2.CHOH.CHOH.R.$$

L'hydrolyse directe des époxyalcools n'a pas donné jusqu'ici de bons résultats. Il est préférable de les transformer d'abord en chlorodiacétates, puis en triacétates, d'où l'on extrait facilement les glycérines par saponification barytique ou par alcoolyse.

Chlorodiacétates-1.4.5. — A une molécule d'époxyalcool, additionnée

de $0^{g},1$ de chlorure de zinc fraîchement fondu, on ajoute lentement 1^{mol} de chlorure d'acétyle. Lorsque le dégagement de gaz chlorhydrique, provenant de l'acétylation de la fonction alcool, est terminé, on ajoute encore $1^{mol},1$ de chlorure d'acétyle. La réaction est complète après deux ou trois heures d'ébullition à reflux. A partir de l'alcool tétrahydrofurfurylique (R = H), de l'époxy-1.4 heptanol-5 ($R = C^2H^5$), et de l'époxy-1.4 nonanol-5 ($R = C^4H^9$), on a obtenu sans difficultés les chlorodiacétines cherchées :

	Rt %.	Éb.	D.	ND.
$Cl(CH^2)^3.CH(O^2C.CH^3).CH^2(O^2C.CH^3)$	89	154-155° (15^{mm})	$1,151_{15°}$	$1,44822_{15°}$
$Cl(CH^2)^3.CH(O^2C.CH^3).CH(O^2C.CH^3).C^2H^5$	95	151-152 (13^{mm})	$1,106_{11°}$	$1,44892_{11°}$
$Cl(CH^2)^3.CH(O^2C.CH^3).CH(O^2C.CH^3).C^4H^9$	94	169 (12^{mm})	$1,068_{12°}$	$1,45042_{12°}$

Triacétates-1.4.5. — Ils s'obtiennent directement avec des rendements de 60 à 74 % par action de l'anhydride acétique, à 210°, sur les acétines des époxyalcools en présence d'une trace de chlorure de zinc.

Il est toutefois plus avantageux de faire réagir sur l'acétate de potassium à 160° les chlorodiacétines précédentes, ou, plus simplement, le produit brut de la réaction du chlorure d'acétyle sur les époxyalcools. Les rendements indiqués ci-dessous sont comptés *à partir des alcools* :

	Rt %.	Éb.	D.	ND.
$CH^3CO^2.(CH^2)^3.CH(O^2C.CH^3).CH^2(O^2C.CH^3)$	90	173-176° (20^{mm})	$1,112_{22°}$	$1,4369_{22°}$
$CH^3CO^2.(CH^2)^3.CH(O^2C.CH^3).CH(O^2C.CH^3).C^2H^5$..	83	169-170 (12^{mm})	$1,076_{18°}$	$1,43928_{18°}$
$CH^3CO^2.(CH^2)^3.CH(O^2C.CH^3).CH(O^2C.CH^3).C^4H^9$..	91	147-148 (40^{mm})	$1,046_{17°}$	$1,44341_{17°}$

Isolement des triols. — La saponification des triacétates se fait commodément en chauffant quelques heures à 105° l'ester avec la quantité calculée d'hydroxyde de baryum cristallisé.

L'alcoolyse, par ébullition avec 6 à 8^{mol} de méthanol renfermant 1 % de gaz chlorhydrique, est complète en 3 heures, si l'on a soin d'éliminer l'acétate de méthyle au fur et à mesure de sa production. Il est absolument nécessaire de neutraliser complètement l'acide chlorhydrique, avant de distiller le triol; la moindre trace d'acide entraînerait en effet la cyclisation partielle de celui-ci :

	Rt % par				
	Saponification.	Alcoolyse.	Éb.	$D_{15°}$.	ND.
Pentanetriol-1.4.5 $C^5H^{12}O^3$.	92	64	164-166° (4^{mm})	$1,144_{11°}$	$1,47711_{11°}$
Heptanetriol-1.4.5 $C^7H^{16}O^3$.	90	95	161-162 (4^{mm})	$1,084_{11°}$	$1,47691_{11°}$
Nonanetriol-1.4.5 $C^9H^{20}O^3$.	85	78	168-169 (3^{mm})	P. F. 58°	

Le pentanetriol obtenu par cette voie est identique à celui que j'ai préparé autrefois ([1]) à partir du pentène-4 ol-1; c'est maintenant un produit très abordable, puisque le rendement de sa préparation, *à partir* du furfural, atteint 70 %.

Les trois glycérines précédentes sont très solubles dans l'eau et hygroscopiques. La saveur du pentanetriol-1.4.5 est nettement sucrée; celle de l'heptanetriol-1.4.5 est légèrement sucrée d'abord, puis amère; quant au nonanetriol-1.4.5, sa saveur est extrêmement amère.

Avec l'anhydride phtalique, le pentanetriol fournit un produit plastique et transparent rappelant assez les glyptals.

Oxydés par l'eau de brome et traités dans les conditions indiquées par M. Delaby ([2]), ces triols fournissent des réactions colorées qu'il est intéressant de comparer à celles que donne la glycérine ordinaire :

Réactif.	Glycérine.	Pentanetriol-1.4.5.	Heptanetriol-1.4.5.	Nonanetriol-1.4.5.
Codéine	Bleu vert	Rouge cerise	Brun foncé	Brun clair
Résorcine	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge orangé
Thymol	Rouge	Rouge violacé	Orangé	Jaune
Naphtol-β	Vert émeraude	Vert brun	Brun	Brun
Gaïacol	Bleu franc	Violet	Brun	Brun rouge

Ainsi que l'avait constaté M. Delaby pour les triols-1.2.3, les réactions de la codéine et du gaïacol demeurent seules spécifiques de la glycérine ordinaire; et vraisemblablement ceci provient de ce que cette glycérine est beaucoup plus facilement oxydable en glyoxal que les autres triols étudiés.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur l'orientation des molécules d'eau dans le gypse*. Note de Mlle **Rose Aynard**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. L'analyse par les rayons X ne permet pas de mettre en évidence les atomes d'hydrogène des molécules d'eau d'un cristal. Mais la structure du gypse, telle que l'a décrite Wooster ([1]), peut être complétée par l'étude des spectres Raman.

([1]) R. Paul, *Ann. de Chimie*, 10e série, 18, 1932, p. 362.

([2]) *Ann. de Chimie*, 9e série, 20, p. 34.

([1]) *Zeitschrift für Kristallographie*, 94, 1936, p. 375.

MM. Canals et Peyrot [2] ont cru voir, dans l'eau de cristallisation du gypse en poudre, 5 bandes de vibration des atomes d'hydrogène : 3249, 3299, 3400, 3490, 3602 cm^{-1}.

J'ai retrouvé et mesuré avec précision les bandes 3404 et 3493 cm^{-1} sur un cristal unique avec des poses de 24 heures. Mais, avec une pose de 4 jours j'ai pu constater que les autres bandes n'existaient pas.

J'ai trouvé, d'autre part, la bande provenant d'une déformation de l'angle des valences de la molécule H^2O à 1660 cm^{-1}. Hollaender et Williams [3] avaient cru voir cette bande à 1596 cm^{-1} en l'excitant par 4078 Å. Or cette mesure pouvait être inexacte, la bande cherchée tombant par ce procédé dans le halo du triplet indigo de Hg; et, en l'excitant par 4358 Å, cette bande se trouve sur 3404 cm^{-1} donnée par 4047 Å.

J'ai excité par 5461 Å et, après une pose de 8 jours, la bande cherchée s'est révélée, dans une région spectrale vide, entre les 2 raies de Hg : 5889 et 6073.

De plus, j'avais pris soin d'orienter le clivage fibreux (plan $\bar{1}01$ du gypse) parallèlement au plan de diffusion, c'est-à-dire dans une position correspondant au maximum d'intensité pour les oscillations symétriques de la molécule H^2O, comme on le verra plus loin.

II. La maille de $SO^4Ca, 2H^2O$, analysée par Wooster, contient 8 molécules d'eau qu'on peut classer en deux groupes distincts de 4 molécules chacun. Au repos les 4 molécules d'un des groupes se déduisent l'une de l'autre par symétrie par rapport aux centres du cristal; le second groupe se déduit du premier par symétrie par rapport aux axes binaires. Or les oscillations symétriques par rapport aux centres sont seules actives dans la diffusion de la lumière. Il y a donc théoriquement 4 bandes possibles :

SS,	oscillation	symétrique	dans la molécule isolée et	symétrique	par rapport aux axes binaires.
SA,	»	»	»	antisymétrique	
AS,	»	antisymétrique	»	symétrique	
AA,	»	»	»	antisymétrique	

Or on n'observe que les deux bandes 3404 et 3493 cm^{-1}. Mais les molécules d'eau étant assez éloignées les unes des autres doivent être faiblement couplées; on peut alors admettre que la fréquence SS soit

---

(2) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 224.
(3) *Physical Review*, **34**, 1929, p. 994.

confondue avec SA pour la bande 3404 et AS avec AA pour la bande 3493 [4]. D'autre part, tenant compte de la symétrie cristallographique et de l'obliquité de l'angle de valence, on pourrait supposer en outre que SA et AA sont moins actives que SS et AS. Mais cette dernière hypothèse est moins fondée *a priori*.

III. Pour justifier ces hypothèses, j'ai utilisé une nouvelle méthode [5] très rapide, qui consiste à faire tourner le cristal autour d'un axe choisi et à photographier successivement le spectre diffusé de chacune des positions données. J'ai fait ces expériences en orientant l'axe binaire du gypse parallèlement au faisceau incident, après avoir taillé le cristal perpendiculairement à l'axe suivant un prisme octogonal.

Sur les huit spectres obtenus j'ai pu constater que : 1° l'intensité des bandes diffusées par les deux faces opposées reste la même; 2° les bandes de l'eau ont un maximum et un minimum qui s'intervertissent à 90° l'un de l'autre; 3° l'intensité est maximum pour la bande symétrique 3404 et minimum pour la bande antisymétrique 3493 quand le plan du clivage fibreux est parallèle au plan de diffusion de la lumière.

J'ai obtenu, par enregistrement microphotométrique des spectres, en prenant comme terme de comparaison la raie symétrique de l'ion SO^4 ($1004\ cm^{-1}$) dont l'intensité reste invariable, les résultats suivants [6] :

Intensité des bandes	$1004\ cm^{-1}$.	$3404\ cm^{-1}$.	$3493\ cm^{-1}$.
Clivage fibreux parallèle au plan de diffusion	1	0,55	0,05
» perpendiculaire au plan de diffusion	1	0,10	0,15

IV. En considérant la structure de la maille du gypse, on voit que l'oxygène O de la molécule H^2O est lié à deux autres oxygènes O′ et O″ des deux ions SO^4 proches. On peut admettre en outre que les deux hydrogènes de la molécule d'eau sont sur les lignes de force allant de O à O′ et à O″. L'angle du plan O′OO″ avec le clivage fibreux du cristal est de 11° : c'est l'angle du plan HOH de la molécule d'eau et du clivage. Cette faible inclinaison m'a permis de supposer *en première approximation* que le plan des molécules d'eau était parallèle au clivage fibreux, avec l'un

[4] Comme l'angle des traits de valence de la molécule H^2O est obtus, on sait que la fréquence symétrique est inférieure à la fréquence antisymétrique.

[5] J. Cabannes, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 625.

[6] H. Nisi avait déjà obtenu des résultats analogues sans en tirer de conclusion (*Japan. Journal of Physics*, 7, 1931, p. 1).

des traits de valence suivant l'axe binaire et l'autre trait perpendiculaire à cet axe.

Cette hypothèse ne permet aucune conclusion relative à la bande symétrique 3404, mais pour la bande antisymétrique 3493, le calcul montre bien que AA est inactive et que AS passe par un minimum nul quand le plan des molécules d'eau (ou du clivage fibreux) est parallèle au plan de diffusion, et par un maximum dans la direction perpendiculaire.

Ce résultat éclaire largement le problème et explique mes observations. On peut donc conclure que les atomes d'hydrogène sont bien situés sur les lignes de force partant de l'oxygène de l'eau et allant aux oxygènes des ions SO^4, et que les molécules d'eau sont à peu près parallèles au clivage fibreux du gypse.

GÉOLOGIE. — *La terminaison orientale de l'ensemble Lias-Jurassique du chaînon de Saint-Quinis et ses relations avec le Trias de Flassans (Var).* Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

La terminaison orientale de la *bande synclinale de Camps*, qualifiée d'autochtone, a été considérée comme un enfoncement « en tunnel » sous le Trias situé à l'Est et charrié ([1]). Quand elle fut émise, cette assertion était fondée sur quelques brèves observations dans les environs de Flassans et sur l'interprétation des contours figurés par Ph. Zürcher sur la carte géologique de Draguignan, au 1/80000.

A la vérité, quant aux terrains liasiques et jurassiques, les observations que j'avais accumulées dans cette région n'autorisaient aucune distinction entre facies des éléments structuraux dits autochtones et facies des éléments prétendus charriés. De plus, quelques intersections constatées me laissaient des doutes sur l'exactitude de la disposition en question.

Pour rectifier, par de nombreux faits, cette manière de voir, j'ai attendu de pouvoir me livrer sur le terrain à une analyse serrée, traduite par des levers au 1/10000 de l'extrémité orientale du chaînon de Saint-Quinis. Indiquons ici que le Trias de Besse est en parfaite continuité, vers le Sud, sous les alluvions de l'Issole, avec celui qui plonge à l'Ouest sous

---

([1]) Émile Haug, *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 564; *Les nappes de charriage de la Basse-Provence*, II (ouvr. posthume), *Mém. Carte Géol. Fr.*, 1930, p. 163.

le Jurassique du massif de Thèmes dont j'ai montré, au contact, les étirements de base ([2]).

Quelles sont donc les relations du Trias et du Jurassique au Nord de Besse? Si l'on gravit les pentes au-dessus des domaines de Péouvuilloux ou de Cabasson, situés sur du Muschelkalk, d'assez larges affleurements de Keuper se développent jusqu'au pied de l'éperon rocheux coté 384 et couronné par les Dolomies néojurassiques. Au sud du collet coté 306, le Rhétien et un Hettangien notablement réduit succèdent normalement au Keuper, avec un pendage nord. Sans autres termes du Lias et sans Bathonien marneux, viennent ensuite quelques bancs de Bathonien calcaire sur lesquels reposent les Dolomies, avec le même pendage nord. Vers l'Ouest, la série se complète avec une plus grande épaisseur du Rhétien et de l'Hettangien surmontant toujours le Keuper, et un ensemble Domérien-Toarcien progressivement développé à l'Ouest et au Sud-Ouest, mais dont l'étirement oriental est visible au nord du point coté 309.

A l'Est et au Nord-Est maintenant, suivons le contact du Keuper et des termes *qui le couvrent*. Il n'existe plus, là, qu'un Bathonien calcaire effilé, puis les Dolomies néojurassiques qui forment le promontoire. En contournant cet éperon, on constate la même superposition sur le revers septentrional, avec plongement au Sud, ce qui montre une disposition synclinale des Dolomies. Entre le promontoire et la butte 315 à l'Est, formée de cargneules, une saillie anticlinale de Muschelkalk, de direction E-W, s'engage nettement sous le Jurassique.

En poursuivant vers le Nord-Est l'observation des contacts supérieurs du Keuper, on coupe encore, au nord des ruines de la Bastidette, un anticlinal de Muschelkalk. Ce bombement, allongé Est-Ouest toujours, s'enfonce périclinalement sous le Keuper, mais il convient ici d'examiner attentivement les plongements des deux termes au Nord. Leur valeur est élevée, 50°, 62°, 70° pour ce flanc de l'anticlinal qui vient aborder de biais, dans un vallonnement ouvert à l'Ouest, d'abord du Bathonien marneux, puis du Lias supérieur plongeant à l'Ouest-Nord-Ouest et à l'Ouest, moins fortement que le Keuper *sous-jacent*. L'Hettangien et le Rhétien ont disparu et, sur 350^{m} de longueur, le contact du Keuper et du Jurassique inférieur a l'allure d'une faille de tracé rectiligne.

Avec un sens différent, mais toujours un aspect de faille, le contact oblique du Keuper et du Lias supérieur se retrouve vers le Nord-Est, au delà d'une petite dépresssion alluviale traversée par la route de Besse à Cabasse, au sud du point 253,3. Précisément, au voisinage immédiat de ce point, un éperon de Trias, formé de Muschelkalk subvertical, dirigé WNW-ESE, et de Keuper périphérique, vient se buter contre le Toarcien plongeant à l'Ouest. Mais les calcaires à silex dominent nettement les cargneules ([3]). D'ailleurs, l'étirement va cesser un peu plus au Nord, Rhétien et Hettangien apparaissent, d'abord effilés au contact du Keuper de la butte, puis de plus en plus épais vers l'Ouest. Et le Trias supérieur formera, au sud de la

---

([2]) *Comptes rendus*, 297, 1933, p. 260.

([3]) Un copeau de Bathonien marneux, large de quelques mètres, s'intercale entre Lias et Keuper. Il est froissé et localement rebroussé au contact des cargneules très bréchoïdes. Il ne s'agit là que d'une lame entraînée par le décollement.

route nationale en direction de Brignoles, le soubassement régulier de la série Lias-Jurassique qui borde la cuvette synclinale de Camps au Nord-Est. Cette série est couronnée, à l'Ouest de Flassans, par les Dolomies portlandiennes qui forment une crête découpée en quelques pitons, d'où son nom des Aigus dans les qualifications locales.

Entre ces sommets qui forment encore une ondulation synclinale et le premier, précédemment indiqué, s'insère un anticlinal serré, dans l'étroit vallon à l'ouest de la Bastidette. Or les cargneules et marnes du Keuper qui constituent le noyau sont en *continuité avec le Trias* dont la situation vient d'être précisée. De part et d'autre, du Rhétien et de l'Hettangien complètent la partie axiale de l'anticlinal. Ce Lias inférieur s'enfonce au Sud, et directement, sous la première crête dolomitique cotée 469 et 452. Le Bathonien calcaire, le Bathonien marneux, le Lias supérieur et moyen manquent. Au Nord, même enfoncement de l'Hettangien sous les Dolomies néojurassiques des Aigus. Cependant, vers l'Ouest, au-dessous du piton 528, un mince affleurement de Bathonien calcaire apparaît, couvrant un Bathonien marneux réduit, sous lequel vient l'Hettangien. Sur les deux flancs de l'anticlinal qui disparaît au Nord-Ouest, périclinalement, sous le Bathonien marneux, les étirements ont donc réduit ou supprimé soit le Lias à silex, soit la majeure partie du Bathonien.

Il résulte de cette analyse structurale que le Trias, entre Besse et Flassans, *s'engage* constamment *sous* divers termes du Lias ou du Jurassique, fréquemment décollés au contact et souvent étirés. De ce point de vue, la structure de la bordure orientale du chaînon de Saint-Quinis rappelle des dispositions tectoniques analogues que j'ai déjà décrites en d'autres régions provençales ([1]).

GÉOLOGIE. — *Sur le dosage du magnésium dans les dolomies.* Note de MM. **Robert Fouquet** et **Laurent Capdecomme**, présentée par M. Charles Jacob.

Les dolomies, réparties à des niveaux bien divers de la série stratigraphique, constituent depuis peu un véritable minerai, puisqu'on sait en extraire directement le magnésium métallique. Malheureusement elles ont une composition aussi variable au sein d'un même gisement que d'un gisement à un autre : la teneur en magnésie peut varier sur quelques centimètres d'un maximum voisin de 22 % jusqu'à zéro, sans qu'un œil, même parfaitement excercé aux différences d'aspect qui en résultent souvent, puisse prévoir ces écarts.

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932 p. 792; **197**, 1933, p. 77 et 260; **200**, 1935, p. 2023.

Le dosage, au moins approximatif, de la magnésie dans les dolomies est donc, non seulement un problème de prospection en vue de la classification des gisements industriellement intéressants, mais encore un problème d'exploitation pour le choix des parties utilisables d'une carrière donnée.

Procédé de dosage rapide. — L'analyse chimique, si elle peut fournir des résultats très précis, a l'inconvénient d'être longue et d'exiger un bon laboratoire. Nous utilisons avantageusement un procédé de dosage électrique basé sur la grande solubilité du sulfate de magnésium et la solubilité très faible du sulfate de calcium. Voici sa description :

1° Une quantité donnée (5^g) de dolomie finement broyée est traitée par une quantité déterminée d'acide sulfurique (50$^{cm^3}$ d'une solution à 100$^{cm^3}$ de SO^4H^2 par litre d'eau). L'acide est en excès. Les carbonates de calcium et de magnésium donnent ainsi intégralement les sulfates correspondants après ébullition d'environ 15 minutes.

2° La solution obtenue est neutralisée à chaud par un excès de carbonate de calcium pur (5^g), puis étendue d'eau, à froid, jusqu'à un volume défini (500$^{cm^3}$). Quelle que soit la dolomie, le liquide est toujours saturé en sulfate de calcium et contient une quantité de sulfate de magnésium proportionnelle à la teneur en magnésie de la roche étudiée. Le précipité contient du sulfate de calcium, du carbonate de calcium, la silice, et les sels de fer et d'aluminium.

3° Les teneurs en magnésium des différentes solutions sont comparées par leurs résistivités : les liquides sont placés successivement dans une cellule à électrodes de platine reliée à un milli-ampèremètre et à un générateur dont la tension alternative doit demeurer constante. La résistance de la cellule doit être, de beaucoup, la plus importante du circuit. Le dosage est effectué par lecture des intensités du courant après étalonnage de l'appareil.

Voici les résultats obtenus, dans les premiers essais, avec les caractéristiques expérimentales indiquées :

Échantillons.	Résultats de l'analyse chimique.					Déviation mesurée.
	Perte au feu.	SiO^2.	$Fe^2O^3 + Al^2O^3$.	CaO.	MgO.	
CO^3Ca pur	44,0	0,00	0,00	56,00	0,00	40
Dolomie n° 1	42,11	5,04	0,31	53,26	0,00	40
» 2	45,65	1,10	0,60	51,60	3,50	47
» 3	44,50	4,20	0,70	40,00	11,58	60,5
» 4	45,90	4,00	0,50	32,80	17,19	88
» 5	46,94	0,90	1,04	30,68	20,41	100
» 6	46,66	0,80	0,74	31,48	21,13	102
» 7	45,25	1,30	0,65	31,50	21,58	104

On voit la netteté avec laquelle les différents échantillons se sont classés d'après leur richesse en magnésie. La variation observée ne correspond pas à une fonction linéaire, par suite de la coexistence des deux sulfates. On se rapprocherait d'une sensibilité constante en réalisant des solutions

moins diluées. C'est, dans tous les cas, avec les dolomies les plus riches que l'on a le plus de sensibilité.

Pour la détermination sur le terrain ou au chantier, la grande précision peut être sacrifiée à la simplification et à la commodité du matériel. On peut envisager le remplacement de la source alternative par une pile et celui de la pesée de la dolomie par une mesure approximative de volume. Une eau de provenance quelconque pourra servir aux dilutions, pourvu qu'elle montre avec l'appareil une conductibilité propre négligeable.

Pour le laboratoire, des améliorations peuvent être envisagées dans le choix des concentrations et la qualité des mesures électriques. Mais nous avons tenu à signaler dès maintenant ce procédé de contrôle rapide à cause de son intérêt pratique et nous espérons pouvoir ainsi contribuer, à propos des dolomies, à un inventaire général indispensable de nos richesses minérales.

OCÉANOGRAPHIE. — *La température et la densité de l'eau de mer à Marseille.* Note (1) de M. **Jules Rouch.**

Depuis l'année 1885, c'est-à-dire depuis plus de cinquante ans, la température et la densité de l'eau de mer sont mesurées tous les jours à midi au marégraphe de Marseille.

Le marégraphe est situé au sud de la ville, le long du chemin de la Corniche, dans l'anse Calvo, sur un point dégagé de la côte et à l'abri des eaux douces. Les mesures de la température et de la densité sont faites de la façon suivante : l'eau de mer est puisée à l'extérieur du bâtiment dans la galerie qui met en communication la mer avec le puits du marégraphe, et transportée immédiatement dans la petite pièce non chauffée formant vestibule de la chambre du marégraphe. Elle est versée dans une éprouvette en verre, et la température est mesurée en même temps que se fait la lecture d'un aréomètre de Thoulet à un seul poids supplémentaire.

Par ce procédé, on ne peut espérer avoir la température avec une précision supérieure au demi-degré, et la densité avec une précision supérieure à une unité de la quatrième décimale. Mais les très nombreuses observations dont on dispose permettent de calculer les valeurs moyennes mensuelles et annuelles.

---

(1) Séance du 14 novembre 1940.

Grâce à l'obligeance du Service des Ponts et Chaussées de Marseille, dont dépend le marégraphe, les registres d'observations ont été mis à notre disposition. Nous avons dépouillé les observations faites pendant les dix dernières années 1930-1939, et ce dépouillement nous a donné les valeurs réunies dans le tableau I.

TABLEAU I.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Année.
t.....	12,8	12,3	13,4	15,0	17,6	20,3	21,5	21,7	20,9	18,4	16,1	13,9	16,9
tM...	14,0	13,7	14,9	16,5	20,2	23,4	24,9	25,5	24,1	21,5	17,7	15,9	–
tm...	11,6	10,9	11,9	13,5	15,0	17,3	18,1	17,9	17,7	15,2	14,5	12,0	–
Am..	2,4	2,8	3,0	3,0	5,2	6,1	6,8	7,6	6,4	6,3	3,2	3,9	–
TM...	15,0	14,8	16,2	17,5	24,8	25,9	27,5	26,9	26,3	23,5	19,3	18,8	27,5
Tm..	10,7	10,0	11,0	12,2	14,0	15,9	16,0	15,0	15,0	13,0	12,7	10,4	10,0
Ae...	4,3	4,8	5,2	5,3	10,8	10,0	11,5	11,9	11,3	10,5	6,6	8,4	17,5
Σt....	28,9	28,9	28,7	28,3	27,5	26,8	26,7	26,7	26,9	27,6	28,2	28,7	–
Q....	38,2	38,1	38,0	38,0	37,7	37,8	38,0	38,1	38,1	38,2	38,2	38,2	38,05

Dans ce tableau, t est la température moyenne de l'eau de mer pour le mois considéré ou pour l'année, tM et tm sont les moyennes des températures maxima et des températures minima; Am est l'amplitude moyenne de la température ($\mathrm{Am} = t\mathrm{M} - tm$); TM est la température maxima extrême, Tm la température minima extrême, Ae l'amplitude absolue ($\mathrm{A}e = \mathrm{TM} - \mathrm{T}m$).

$\Sigma t = (\mathrm{S}t - 1)1000$, S$t$ étant la densité *in situ* à la température t. Q est la salinité, c'est-à-dire le poids total en grammes des sels contenus dans 1000^{g} d'eau de mer.

C'est au mois de février que la température de l'eau de mer est en moyenne la plus basse (12°,3), et au mois d'août la plus élevée (21°,7), l'écart entre les deux moyennes étant de 9°,4. Les valeurs extrêmes pendant les dix années considérées sont de 27°,5 en juillet 1938 et 10° en février 1933 et février 1935. (En dehors de la série considérée, au mois de janvier 1940, on a observé une température de 9°.) Comme on le sait, à partir de 250^{m} de profondeur environ, la température des eaux de la Méditerranée est voisine de 13° pendant toute l'année. Il arrive donc assez fréquemment en hiver qu'on observe des températures en surface inférieures à celles de la profondeur, alors qu'en été les températures de surface sont normalement supérieures de plus de 10° aux températures des eaux profondes.

Pendant tous les mois de l'année, la température de l'eau de mer est variable d'un jour à l'autre, surtout en été, où les écarts peuvent

dépasser 10°. Il arrive donc que, même en été, l'homothermie est presque réalisée entre la surface et la profondeur.

On peut rapprocher ces observations de la température de la mer de celles de la température de l'air à Marseille, qui sont données dans le tableau II.

Tableau II.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
t'	7,0	8,5	9,8	12,9	16,3	19,7	22,1	21,8	19,3	14,6	10,3	7,1
t'_M	11,5	13,2	14,9	18,1	21,9	25,4	28,1	27,8	24,8	19,6	14,9	11,4
t'_m	2,6	3,7	4,7	7,6	10,7	14,0	16,2	15,8	13,7	9,5	5,6	2,8
A_m	8,9	9,5	10,2	10,5	11,2	11,4	11,9	12,0	11,1	10,1	9,3	8,6

Les amplitudes des températures de l'air suivent la même variation au cours de l'année que les amplitudes des températures de la mer, mais elles sont beaucoup plus fortes, en hiver à peu près trois fois plus fortes. Les extrêmes des températures de l'air (— 12° à + 38°) présentent un écart de 50°, c'est-à-dire aussi trois fois environ l'écart des températures extrêmes de l'eau de mer. La température moyenne de l'air est notablement inférieure en toutes saisons, sauf pendant deux mois d'été, à la température moyenne de l'eau de mer : l'influence réchauffante de la mer en hiver est donc beaucoup plus importante que l'influence rafraîchissante en été. Nous avions fait la même remarque en étudiant les températures de l'eau de mer à Phalère, près d'Athènes (*Annales de l'Institut Océanographique*, t. 16, fasc. IV).

Ce ne sont pas seulement les variations des températures de l'air qui permettent d'expliquer les variations des températures de la mer. L'influence des vents est notable : les vents de terre (mistral) font monter à la surface les eaux profondes, mais ces eaux profondes en hiver ont sensiblement la même température que les eaux de surface, tandis qu'en été elles sont beaucoup plus froides. C'est donc en été que les vents ont le plus d'influence.

Quant à la densité, elle présente *in situ* une variation très régulière au cours de l'année, avec maximum au mois de février, et minimum au mois d'août, l'écart entre les valeurs moyennes de ces deux mois dépassant deux unités de la troisième décimale de la densité.

La salinité présente une variation annuelle faible, mais sensible, avec un maximum pendant les mois d'hiver, et un minimum pendant les mois de mai et juin. Contrairement à ce qu'on pourrait croire, les pluies plus abondantes l'hiver que l'été, n'ont pas comme conséquence de faire abaisser

la salinité. L'augmentation de la salinité en hiver est due sans doute à la montée d'eaux profondes sous l'influence du mistral, plus violent et plus fréquent en hiver qu'en été, ces eaux profondes étant normalement en Méditerranée plus salées que les eaux de surface.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence d'un système de fibrilles préfusoriales dans la mitose somatique du Pin maritime.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Le mode de naissance du fuseau achromatique au cours de la mitose somatique du Pin maritime ne correspond pas au schéma classique comportant des calottes polaires surbaissées d'apparition tardive en fin de prophase. Dans le Pin maritime les cellules procambiales de la plantule permettent le mieux de suivre le phénomène en question; le noyau au repos y présente une forme cylindrique allongée, mais lorsque la division s'amorce (noyau prophasique jeune), il prend l'aspect d'un fuseau renflé dont les pôles très atténués sont disposés dans le sens du grand axe de la cellule; on dirait que ces noyaux ont subi un étirement vers les extrémités. De ces deux pôles partent des filaments très déliés et groupés en faisceaux qui s'étendent dans le cytoplasme et qu'on peut suivre jusqu'à une grande distance, et parfois jusqu'aux cloisons transversales ou latérales. La disposition de ces sortes de fibrilles est assez variable; elle affecte pourtant assez souvent la forme d'un double cône dont le point d'inflexion se trouve dans le prolongement du grand axe nucléaire et qui figurerait assez bien l'emplacement où l'on devrait trouver un centrosome s'il s'agissait d'une mitose de type amphiastral; cependant il n'existe aucun grain coloré dans cette région et les centrosomes font défaut, comme c'est la règle chez les Phanérogames.

L'ensemble constitué par ces filaments ou fibrilles se rattache très certainement au futur fuseau achromatique de la mitose en préparation, aussi peut-on lui appliquer le nom d'appareil préfusorial. Cet ensemble n'est pas cependant d'origine nucléaire, mais cytoplasmique, et il correspond à une différenciation du cytoplasme lui-même. Des fibres préfusoriales d'origine analogue ont été signalées par Belajeff et par Allen dans la mitose hétérotypique du Mélèze, mais leur existence a été mise en doute par Devisé qui les attribue à une altération des chondriosomes par certains fixateurs (1).

(1) *La Cellule*, 32, 1922, p. 249.

Que représentent ces fibrilles cytoplasmiques préfusoriales ? Elles sont tout d'abord nettement distinctes des travées ou filaments normaux du cytoplasme, comme le démontre leur trajet rectiligne ou incurvé qu'on peut suivre sur une grande longueur et, pendant leur course à travers la cellule, elles ne s'anastomosent pas avec les mailles du réseau cytoplasmique, mais parfois elles s'entrecroisent les unes avec les autres. On pourrait y voir l'expression des tensions qui s'exercent suivant le grand axe cellulaire et qui assurent une orientation correcte du noyau prophasique en même temps que le passage du noyau de la forme cylindrique à la forme en fuseau. Cependant les fibres préfusoriales apparaissent de bonne heure, alors que le noyau est encore oblong et dépourvu d'étirement polaire bien marqué.

Vers la fin de la prophase, une matière fusoriale ayant les caractères chromatiques de la caryolymphe apparaît d'une manière diffuse à l'intérieur du cône proximal délimité par les fibrilles préfusoriales et s'avance également au delà avec une limite toujours indistincte. Le fuseau achromatique, dont c'est le début, n'affecte donc pas la forme d'une calotte polaire aplatie, mais celle d'un cône très allongé qui, en général, à la prométaphase, peut être suivi jusqu'aux cloisons cellulaires transversales. La membrane nucléaire disparaît alors dans la région polaire, mais elle se conserve ailleurs plus ou moins déformée, même à la métaphase.

Les filaments préfusoriaux ne proviennent pas d'une altération des chondriosomes, comme cela a été soutenu pour les fibres analogues décrites dans la microsporogénèse du *Larix europæa*. Il est évident en effet que des fibrilles aussi fines et aussi longues et dont le trajet est aussi défini ne peuvent pas résulter d'une modification du chondriome; d'autre part elles n'existent que dans une région déterminée du cytoplasme et elles ont leur point de départ à la surface du noyau. Il convient de les comparer aux fibres astériennes, et leur rôle paraît être bien précis et en relation avec la préparation d'une mitose dont l'axe est ainsi nettement indiqué de très bonne heure. Le fuseau achromatique de la prométaphase et de la métaphase est au contraire d'origine nucléaire; il semble guidé dans son développement et son extension par les fibres préfusoriales, et plus tard, à la métaphase, le fuseau est souvent dépourvu de toute structure fibrillaire et seulement strié d'une manière assez vague; plus tard, à l'anaphase, apparaissent d'autres fibrilles en relation avec le point d'insertion des chromosomes sur le fuseau.

Le fuseau achromatique dans la mitose somatique du Pin maritime est donc précédé par des fibrilles préfusoriales apparaissant au début de la

prophase et d'origine cytoplasmique. Ces fibrilles sont en relation avec les pôles nucléaires qui subissent un étirement en pointe caractéristique. L'existence de ces formations semble donner raison à ceux qui admettent une différenciation du cytoplasme en kinoplasme et en trophoplasme. Seules les cellules destinées à un allongement ultérieur marqué montrent avec évidence cette évolution particulière du fuseau caryocinétique.

MYCOLOGIE. — *Le réseau ornemental des spores et l'appareil apical des asques chez* Peziza aurantia *Persoon.* Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Marin Molliard.

Les spores de *Peziza aurantia* sont ornementées d'un réseau de crêtes très développées, qui donnent les réactions des complexes calloso-pectiques : intense coloration, d'une part, par le bleu coton acétique ou lactique, d'autre part, par le rouge de ruthénium. Les asques contenant ces spores s'ouvrent par un opercule tout à fait typique; de plus, leur sommet est nettement dissymétrique, par suite d'une très légère torsion en S, qui déjette quelque peu l'apex et l'opercule par côté.

1. En ce qui concerne le *réseau ornemental des spores*, il se forme par le mécanisme suivant. Tout au début les spores, déjà fortement elliptiques, sont simplement enveloppées par leur tunique propre, mince et parfaitement lisse. L'épiplasme qui les entoure a un aspect spumeux, parce que son appareil vacuolaire est, selon la règle, morcelé en très nombreuses petites vacuoles sphériques. Mais outre ces vacuoles, contrairement à ce qu'on observe chez d'autres espèces, le cytoplasme est peu abondant, et il demeure homogène, au lieu de se charger de granulations lipidiques; de plus, les petites vacuoles demeurent aqueuses, et nettement turgescentes.

Dans un premier temps, l'épiplasme se décolle des jeunes spores sur les flancs de celles-ci. Chaque spore se trouve ainsi encerclée par une lacune annulaire qui ne prend pas exactement les caractères d'une vacuole. Cette lacune ne tarde pas à se remplir d'un mucilage relativement labile, donnant, mais plutôt sans intensité, les réactions des composés calloso-pectiques. Ce mucilage finit par devenir très abondant, et la spore se trouve ainsi logée au centre d'une volumineuse *masse mucilagineuse primaire*. Les petites vacuoles dont cette masse est entourée étant turgescentes, impriment chacune sur sa surface une profonde dépression; il se forme ainsi, sur la masse mucilagineuse primaire, un système de dépressions, occupant les mailles d'un réseau de crêtes aplaties.

Dans un second temps, une seconde substance mucilagineuse, beaucoup moins labile, et donnant beaucoup plus intensément les réactions des complexes calloso-pectiques, apparaît à la surface des spores, entre leur tunique propre, qu'elle recouvre d'un mince enduit, et la masse mucilagineuse primaire. Par places, sur les flancs de la spore, elle forme généralement d'importantes *masses mucilagineuses secondaires*, en forme de calottes. Sur le vivant, ces masses sont assez peu visibles, car elles sont peu réfringentes; elles sont alors colorables en bleu violacé par le bleu de crésyle. Après traitement par les réactifs chromiques, elles sont coagulées, légèrement brunies, et deviennent très réfringentes, donc très visibles; mais il est alors difficile ou impossible de les colorer par le bleu coton ou le rouge de ruthénium. Elles peuvent se décoller des spores et se transformer en globules sphériques, libres au sein de la masse primaire.

Dans un dernier temps, la spore grossit aux dépens de cette masse primaire, qui est sans doute utilisée à la façon d'une réserve nutritive, et dont il ne subsiste bientôt plus que la région périphérique réticulée, formant sur la spore un réseau primaire. La substance des masses secondaires se répand dans ce réseau, comme dans une matrice, et ainsi se trouve constitué le réseau définitif. L'existence de ce dernier apparaît ainsi comme la conséquence de celle d'une masse de mucilages nourriciers autour de la jeune spore, et de l'action mécanique des vacuoles sur la surface de ces mucilages.

2. En ce qui concerne l'*opercule*, on doit le considérer comme représentant le fond d'une très large ponctuation apicale de la paroi de l'asque. Dans l'asque jeune cette ponctuation possède un *appareil apical*, sans doute homologue à celui qui garnit la ponctuation, beaucoup plus étroite, du sommet de l'asque d'autres espèces, et en particulier à l'anneau amyloïde apical des *Bulgaria*.

Cet appareil, qui n'attire guère l'attention, et qui se retrouve chez d'autres Pézizes operculées, est logé dans l'épiplasme du sommet des jeunes asques. C'est un petit entonnoir incolore, non réfringent, qui s'applique, par son orifice évasé, à la paroi apicale de l'asque, là où se formera l'opercule, et qui se prolonge sous la forme d'un tractus longitudinal, non pas dans l'axe de l'asque, mais contre sa paroi latérale, présentant ainsi une disposition dissymétrique, en relation avec celle de tout le sommet de l'organe. Cet entonnoir contient une granulation réfringente, de nature inconnue, et il est souvent entouré de granules plus petits, peut-être lipidiques. Il paraît jouer un rôle dans la formation de l'opercule et de sa charnière.

PHARMACODYNAMIE. — *Accoutumance à la morphine chez la Grenouille et hypothèses sur son mécanisme.* Note de M. **Raymond Cahen**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

L'accoutumance à la morphine est généralement considérée ([1]) comme résultant d'un accroissement de la destruction de ce poison, notamment par augmentation des processus d'oxydation. Cette conception est basée principalement sur la diminution de la morphine circulante ou fixée dans les tissus chez l'animal accoutumé. Or j'ai pu montrer ([2]) qu'aucune des méthodes analytiques, employées dans ces recherches, n'est suffisamment sensible et précise pour en fournir la preuve. Un argument secondaire invoqué en faveur de cette théorie consiste dans la prétendue impossibilité d'accoutumer à la morphine les pœcilothermes tels que la Grenouille dont les processus oxydants sont ralentis ([3]). Or, dans les expériences rapportées ci-après, j'ai pu observer chez cet animal non seulement une accoutumance générale (tolérance vis-à-vis des doses toxiques et mortelles), mais aussi une accoutumance d'organe (cœur) qui se manifeste par l'absence des effets dépresseurs cardiaques de la morphine aux doses habituelles; cette accoutumance m'a permis, grâce à une nouvelle microméthode de dosage, de montrer que le cœur accoutumé se comporte comme le cœur normal en ce qui concerne la fixation de l'alcaloïde, puis sa défixation par lavage prolongé.

1° *Accoutumance de la Grenouille à la morphine.* — Cette accoutumance est réalisée par l'injection de morphine à la Grenouille (saclymphatique), répétée tous les deux jours pendant 7 à 8 semaines, à des doses croissant de $0^{mg},20$ à 50^{mg} par 100^{g} d'animal.

Après deux semaines on observe une hypersensibilité se manifestant par des convulsions et une mortalité d'environ 20% des animaux, à des doses de morphine inefficaces chez les témoins ($0^{mg},80$ à $2^{mg},5$ par 100^{g}). Vers la 5e semaine apparaît l'accou-

---

([1]) *Arch. exp. Path. Pharm.*, **31**, 1881, p. 213; **44**, 1900, p. 217; **50**, 1903, p. 452; **102**, 1924, p. 183; *Journ. Am. Med. As.*, **72**, 1919, p. 1069; *Journ. Pharm. exp. Ther.*, **31**, 1927, p. 176.

([2]) *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1935; *Arch. Int. Pharm.*, **53**, 1935, p. 426; *Bull. Soc. Thér.*, **74**, 1938, p. 126.

([3]) *Arch. exp. Path. Pharm.*, **63**, 1911, p. 331.

tumance, caractérisée par la tolérance aux doses qui sont mortelles pour 60 % des témoins en 30 heures (80^{mg} par 100^{g} d'animal), et par l'absence, à ces doses, des effets inhibiteurs centraux de la morphine.

D'autre part certains organes prélevés chez ces animaux sont accoutumés; ainsi sur le cœur, prélevé et isolé selon Straub, la morphine à des concentrations de 1 p. 800 à 1 p. 600 ne manifeste pas ses effets inotrope et bathmotrope négatifs, et il faut, pour les provoquer, élever la concentration (1 p. 400 à 1 p. 100).

2° *Accoutumance* in vitro *du cœur isolé de grenouille.* — Cette accoutumance d'organe, caractérisée comme ci-dessus, peut se produire également *in vitro* sur le cœur isolé de grenouille normal qu'on perfuse successivement (7 à 10 fois en quelques heures) par des solutions de concentration croissante (1 p. 1000 à 1 p. 400), chaque nouvelle perfusion étant précédée d'un lavage au Ringer ([4]).

3° *Fixation de la morphine par le cœur de grenouille normal et accoutumé.* — La microméthode de titrage photométrique que j'ai décrite ([5]) permet de doser la morphine dans les cœurs normaux et accoutumés qu'on met en contact avec cet alcaloïde. On a effectué deux séries de titrages, l'une sur le liquide de perfusion du cœur, l'autre sur les liquides de lavage (10 minutes) dans lesquels diffuse la morphine qui a été fixée d'une façon réversible sur le myocarde.

On opère d'une part sur le cœur normal (35 essais) et d'autre part sur le cœur prélevé chez la grenouille accoutumée (24 essais) qu'on met en contact pendant un même temps (10 minutes) avec un liquide de perfusion de même teneur en morphine ($1^{mg},98$).

La première série de titrages effectués sur le liquide de perfusion permet de constater que la teneur en morphine de ce liquide est la même, qu'il s'agisse du cœur normal ou du cœur accoutumé (en moyenne $1^{mg},70$ et $1^{mg},715$), ce que confirme l'essai physiologique de ces deux liquides sur un cœur normal. Ainsi les quantités de morphine, fixées dans ces conditions par le cœur normal et accoutumé, sont sensiblement identiques.

La deuxième série de titrages, effectués sur les liquides de lavage du cœur, montre que le cœur accoutumé libère par lavage sensiblement la même quantité de morphine (30γ) que le normal (32γ). Ainsi la fixation du poison est très semblable dans les deux cas, et il ne semble pas qu'il y ait de destruction plus marquée de celui-ci.

([4]) Cette accoutumance ne s'observe que dans 65 % des cas. Dans 15 % des cas le cœur n'est pas modifié dans sa sensibilité, dans 20 % il devient et reste définitivement hypersensible.

([5]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1907.

Conclusions. — 1° L'accoutumance à la morphine peut être réalisée chez la Grenouille; elle se manifeste non seulement par une accoutumance générale (tolérance aux doses toxiques et mortelles), mais aussi par une accoutumance d'organe (cœur).

2° Les quantités de morphine fixées par le cœur sont sensiblement identiques chez l'animal accoutumé et chez le normal. Il en est de même de celles qui sont libérées du cœur lorsque, dans les deux cas, on soumet celui-ci à un lavage prolongé.

3° Ces faits semblent prouver que l'accoutumance à la morphine, qu'on peut réaliser sur un organe tel que le cœur de la Grenouille, ne résulte ni d'une destruction accrue du poison ni d'une fixation moindre par cet organe, mais d'une diminution de la réactivité de l'organe accoutumé.

ÉLECTRICITÉ PHYSIOLOGIQUE. — *Thermométrie médicale dans le champ des courants alternatifs de haute fréquence.* Note (1) de MM. **Albert Bessemans** et **Émile Van Thielen**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Dans la recherche de techniques valables pour la mensuration des températures physiologiques et fébriles dans le champ des ondes courtes, nous nous sommes inspirés de l'idée qu'il fallait recourir à l'emploi de *substances non conductrices* (A. Bessemans, A. J. Rutgers et E. Van Thielen, *Vlaamsch Geneesk. Tydschr.*, n° 50, 1935, p. 997; *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 157; *Ann. Méd. Phys. et Physio-Biol.*, n° 1, 1936, p. 3). Nous avons fait construire des *thermomètres en verre ordinaire*, les uns remplis d'alcool à 96 % (teinté au bleu de méthylène), les autres remplis de benzène (teinté au rouge de méthyle). Ces instruments, ainsi que des thermomètres en verre et au mercure, furent soumis comparativement à l'action d'un condensateur chargé d'une tension alternative d'environ 18^{m} de longueur d'onde, et d'un câble métallique parcouru par un courant alternatif d'environ 25^{m} de longueur d'onde, deux dispositifs que nous avons appelés respectivement *électrique* et *magnétique*. Le résultat fut que seuls les *thermomètres au benzène* donnèrent satisfaction sur toute la ligne; tandis que les thermomètres au mercure ne se montrèrent utilisables que dans le champ électrique, et les thermomètres à l'alcool 96 % uniquement dans le champ magnétique. Il fut constaté également que *l'huile de paraffine*

(1) Séance du 2 décembre 1940.

pouvait utilement remplacer le benzène; et que, à l'air libre, le verre pouvait devenir le siège d'un développement de chaleur, si bien que, dans ces conditions, seul le quartz convenait parfaitement.

Plus tard (A. Bessemans et E. Van Thielen, *Vlaamsch Geneesk. Tydschr.*, n° 40, 1938, p. 781; *Ann. Méd. phys., Physio-Biol. et Rhum.*, n° 11, 1938, p. 241), nous avons effectué de nouvelles mensurations comparatives *au sein de tissus organiques.* Ceci nous permit de confirmer que, dans les champs de haute fréquence, il était préférable de recourir aux thermomètres en quartz au benzène ou à l'huile de paraffine; que, pourtant, *le verre pouvait remplacer le quartz* si l'instrument occupait l'intérieur des tissus, ou si, placé dans un milieu mauvais conducteur comme l'air, il ne subissait pas longtemps l'influence des ondes.

Mais nous avions observé aussi que, même dans le champ électrique précité, l'alcool absolu ne présentait pas d'échauffement propre. Il nous apparut ainsi que, vraisemblablement, les trois liquides thermométriques, que nous avions reconnus utilisables, possédaient cette propriété, non seulement parce qu'ils étaient non conducteurs, mais encore parce qu'ils n'avaient pas de moment bipolaire (benzène et huile de paraffine), ou seulement un moment bipolaire très petit (alcool absolu). Car ces raisons font, la première que les liquides considérés ne s'échauffent pas par effet Joule, l'autre que les hautes fréquences utilisées n'occasionnent pas le changement d'orientation de leurs molécules, source de chaleur par frottement.

Il était donc indiqué d'instituer de nouveaux essais *au moyen d'autres liquides non conducteurs, ne possédant en même temps pas de moment bipolaire.* C'est ce que nous avons fait avec *l'hexane* et *le brome.*

Des thermomètres en verre furent remplis avec l'un et l'autre de ces produits. Ils furent placés comme précédemment, en même temps que des thermomètres en verre et au mercure, *à l'air libre, dans un morceau de viande fraîche de bœuf, et dans les muscles fessiers du lapin vivant.* Les températures furent notées toutes les 5 minutes, au cours d'une demi-heure d'action de nos appareillages électrique et magnétique. Puis les champs furent supprimés et, durant 5 minutes encore, la lecture fut pratiquée de minute en minute.

Le détail de ces expériences sera communiqué ailleurs. Les résultats furent tels que les conclusions suivantes s'imposèrent.

1° *Pour le remplissage des thermomètres en verre ou en quartz qui doivent servir à la mensuration des températures médicales dans le champ des ondes*

courtes, et dont les derniers conviennent toujours, cependant que les premiers sont parfaitement utilisables à l'intérieur des tissus organiques, il y a lieu d'employer un liquide non conducteur, qui ne possède en même temps pas de moment bipolaire. Ces deux conditions sont remplies, notamment, par le benzène, l'huile de paraffine, l'hexane et le brome (²).

2° *Pratiquement, pour le choix d'une de ces substances, on se laissera guider par leurs propriétés accessoires, comme le coefficient de dilatation* (*sensibilité de l'instrument*), *la couleur ou la colorabilité* (*commodité de la lecture*), *l'innocuité* (*danger de brisure*) *et le prix de revient.*

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action amphisexuelle de la dihydrofolliculine dans la différenciation du sexe chez les Batraciens.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les travaux poursuivis depuis quatre ans par différents auteurs sur la différenciation du sexe des Batraciens, sous l'action des hormones sexuelles, ont abouti à une série de résultats contradictoires. Les expériences rapportées récemment (¹) permettent d'apporter une clarté, au moins relative, et de faire un choix parmi toutes les explications proposées.

Pour présenter les faits essentiels, il convient de distinguer, d'une part les expériences faites en utilisant les solutions huileuses d'hormones, et, d'autre part, celles qui ont été réalisées avec des solutions aqueuses.

I. *Expériences faites avec des solutions huileuses*, Gallien (1937-1938), Burns (1938-1939) (²). — Les résultats obtenus, chez *Rana temporaria* et *Amblystoma punctatum*, sont concordants. Ils montrent qu'en solution huileuse, les hormones sexuelles ont une action homologue : l'hormone mâle est masculinisante, l'hormone femelle est féminisante.

(²) Le brome n'offre qu'un intérêt théorique, en raison de son caractère corrosif. Mais nous avons pu constater que d'autres liquides, indifférents encore et ayant des propriétés requises, peuvent rendre le même service, par exemple *le sulfure de carbone, le tétrachlorure de carbone et le dioxane.*

(¹) L. Gallien, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 570.

(²) K. Burns, *Anat. Rec.*, 71, 1938, p. 447; 73, 1939, p. 73; Ch. Foote, *Anat. Rec.*, 72, 1938, p. 120; L. Gallien, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 375; 206, 1938, p. 282; *Bull. Biol. France-Belg.*, 72, 1938, p. 269; *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 1201; E. Padoa, *Mon. Zool. Ital.*, 1936, p. 285; *Arch. Ital. Anat. Embr.*, 40, 1938, p. 22; Padoa et L. Baldasseroni, *Mon. Zool. Ital.*, 1938, p. 267.

II. *Expériences faites avec des solutions aqueuses ou hydroalcooliques.* — Padoa (1936-1938), administrant l'hormone folliculaire (*œstrone*), en solution aqueuse, à de jeunes têtards de *Rana esculenta* appartenant à une race *différenciée*, ou *semi-différenciée,* constate que la différenciation sexuelle s'effectue dans le sens mâle, que les génotypes soient mâles ou femelles. Ceci en employant de l'hormone folliculaire de deux producteurs (*Cristallovar* I. B. I.). — *Glandulobine* Richter). Un troisième produit (Byla) transforme les gonades des génotypes mâles aussi bien que femelles en ovariotestis, mais avec une tendance masculinisante. Cette dernière substance a donc une action amphisexuelle. Foote (1938), sur *Rana pipiens,* confirme les résultats de Padoa.

Witschi et Crown (1937-1939), administrant l'*œstradiol* en solution aqueuse à une petite série de *Rana pipiens* (race *différenciée*), obtiennent 4 femelles et 1 mâle. Avec l'*œstrone,* ils obtiennent 12 femelles et 25 intersexués. Ils n'observent pas absolument le résultat paradoxal de Padoa, mais les 25 intersexués sont de tendance mâle. Ils constatent, par ailleurs, que le *propionate de testostérone* (Ciba) masculinise 6 têtards.

Ceci montre que, si l'hormone mâle a une action univoque, l'action, en ce qui concerne l'hormone femelle, est complexe et d'une analyse difficile.

L'explication des résultats contradictoires obtenus dans ces recherches effectuées sur des matériels différents, avec des produits différents et un mode variable d'administration, a donné lieu à différentes hypothèses faisant appel à :

1° la nature de la marque du produit hormonique employé;
2° l'action sexuelle relative, d'un même produit, suivant l'espèce considérée;
3° la transformation, par la gonade des Batraciens, du produit utilisé;
4° la nature de la folliculine employée : *œstrone* ou *œstradiol* (dihydrofolliculine);
5° l'influence de la méthode d'administration de l'hormone (nature du solvant, concentration, utilisation par l'organisme).

C'est dans ces conditions que j'ai été amené à effectuer une nouvelle série d'expériences, dont les résultats limitent le nombre des explications possibles.

J'ai montré (¹) en effet que, si l'on traite deux lots d'une même ponte de *Rana temporaria* (race *indifférenciée*) par un même produit (*dihydrofolliculine* Roussel), on obtient les résultats opposés suivants : Si l'hormone femelle est injectée en solution *huileuse*, les gonades de tous les animaux sont femelles. Si l'hormone est administrée sous forme d'une solution *aqueuse*, 23 animaux sur 27 deviennent des mâles, 4 présentent des ovariotestis.

Ces résultats confirment ceux, en apparence contradictoires, des autres auteurs, et démontrent tout d'abord l'action *amphisexuelle de la dihydrofolliculine* chez les Batraciens. Par ailleurs, en ce qui concerne cette classe d'animaux, l'expérience rapportée montre également que les hypothèses 1°, 2°, 3°, 4° formulées ci-dessus n'expliquent pas à elles seules, d'une manière adéquate, les phénomènes paradoxaux observés. L'explication ne peut être recherchée que dans la dernière hypothèse, qui fait appel à la méthode d'administration de l'hormone. Cette méthode est conditionnée par la nature aqueuse du solvant.

Il a été démontré ([3]) que le solvant *huileux* est celui qui assure la meilleure utilisation des hormones sexuelles, dans le temps, par l'organisme. De plus, ce solvant semble activer l'hormone. La solubilité de la dihydrofolliculine est infiniment plus grande dans l'huile que dans l'eau (dans l'expérience relatée, 50000 U. I. pour $1^{cm^3},3$ dans l'huile, contre 50000 U. I. pour 1000^{cm^3} dans l'eau).

Enfin les solutions huileuses sont introduites directement dans l'organisme, tandis qu'on ne sait rien de ce qui se passe quant aux transformations possibles de l'hormone dans l'eau, et par le passage de la solution au travers des téguments, ou des branchies. Peut-on affirmer, dans ce cas, que l'hormone qui arrive dans le sang est encore de la dihydrofolliculine ? Il semble donc que c'est le solvant *aqueux*, qui, directement ou indirectement, modifie la propriété normalement féminisante de la folliculine et lui confère son action amphisexuelle chez les Batraciens.

La question, si elle est éclaircie, au moins pour les Batraciens, demeure, dans son ensemble, complexe et sollicite de nouvelles recherches. En effet Padoa ([4]) a constaté que l'œstrone (*Cristallovar* I. B. I.), qui réalise en solution aqueuse la transformation femelle → mâle chez les Batraciens, n'inverse pas le sexe femelle chez la Truite arc-en-ciel, tandis que les mâles sont plus ou moins inversés dans le sens femelle.

([3]) R. Deanesly, *Les hormones sexuelles.* Paris, p. 23 (discussion et bibliographie de la question).

([4]) *Mon. Zool.*, 48, 1937; *Biomorphosis*, 1, v, 1939, p. 337.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la cinétique de la coagulation plasmatique. Son étude par photométrie.* Note de M. **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

La coagulation du fibrinogène, dans les conditions physiologiques, exige la transformation diastasique préalable de la prothrombine en thrombine. Il ressort de nombreux travaux (1) que cette transformation est très lente en regard de la vitesse de production de la fibrine sous l'influence de la thrombine. Déterminer, comme on le fait couramment, le temps de coagulation d'un plasma citraté ou oxalaté, puis recalcifié, c'est donc, en fait, mesurer la vitesse de transformation de la prothrombine en thrombine.

Montrons que l'on peut correctement représenter les résultats expérimentaux en admettant que cette transformation obéit à l'équation d'une réaction monomoléculaire. Soient a la quantité initiale de prothrombine et x la quantité transformée à l'instant t, alors $dx/dt = k(a - x)$, où k représente l'ensemble des facteurs *qui ne s'épuisent pas*, thromboplastine, ions Ca^{++}. En intégrant, il vient $t = (1/k)L[a/(a - x)]$.

Pour obtenir un caillot solide de fibrine, il faut avoir transformé une quantité b' de prothrombine, qui varie peu avec la quantité de fibrinogène présente et qui reste toujours petite devant a (2). Le temps de coagulation est alors donné par

$$t' = -\frac{1}{K}\left[\left|1 - \frac{b'}{a}\right|\right]. \qquad (y)$$

On retrouve là la courbe expérimentale de Quick (3) des variations de t' en fonction de a, lorsque k est rendu aussi grand que possible par addition au plasma de thromboplastine. On peut même se contenter pour l'expression (y) du premier terme du développement en série, $t' = (b'/k)(1/a)$, et retrouver ainsi la formule adoptée empiriquement par Smith et ses collaborateurs (4). Si maintenant, par des additions convenables de thrombo-

---

(1) Notamment J. H. Ferguson, *Journ. of Lab. and Clin. Medic.*, **24**, 1938, p. 273.

(2) Le plasma normal contient 200 à 300 fois plus de prothrombine qu'il n'est nécessaire pour coaguler le fibrinogène qu'il renferme en moins de 15 secondes, en faisant K optimum. (Warner, Brinkhous et Smith, *Am. Jour. of Physiol.*, **114**, 1936, p. 667.)

(3) *Am. Journ. of Physiol.*, **118**, 1937, p. 260.

(4) *Journ. of Am. med. Assoc.*, **113**, 1939, p. 380.

plastine, on fait varier k de manière à rendre t' constant, on constate alors, comme l'a montré Schoneyder [5], que k est inversement proportionnel à a [6]. Cela résulte immédiatement de (y). On a bien $K = -(1/t') L[|1-(b'/a)|]$ et $K = (b'/t')(1/a)$.

Nous avons cherché à appliquer de telles équations à la formation progressive de la fibrine telle qu'on peut l'observer par photométrie. Pour ces déterminations, il est commode d'opérer sur du plasma provenant de sang citraté dès son prélèvement (Citrate trisodique à 4% mélangé à 9 volumes de sang). A un instant bien déterminé, on mélange 1^{cm^3} de plasma à $0^{cm^3},25$ de $CaCl^2$ 0,1M et $3^{cm^3},75$ de sérum physiologique. Puis, de 1/2 en 1/2 minute, on mesure la transparence du mélange dans une cuve de 10^{mm} d'épaisseur, en lumière orangée. Après un temps plus ou moins long (t min.) d'opacité constante, on observe une diminution progressive de la transparence en même temps qu'apparaissent les premières fibrilles. Déterminons le temps Δt en minutes nécessaire à l'obtention d'un accroissement petit et donné de l'opacité, par exemple celui qui, dans des conditions moyennes, correspond à la formation du premier milligramme de fibrine [7]. Si, par addition de thromboplastine ou en élevant la température, on diminue t, Δt est également raccourci, mais *le rapport* $K = \Delta t/t$ *varie très peu*. Un grand nombre de déterminations comparées de R et du temps de Quick [3] nous a montré que R était indépendant du taux de fibrinogène et augmentait au fur et à mesure que la teneur en prothrombine a s'abaissait. Pour un plasma réputé normal, R est compris entre 0,10 et 0,30.

En appliquant comme précédemment à t et à Δt l'équation (y), on aboutit pour R à une expression de la forme $R = Q[1/1-(b/a)]$, en admettant l'existence d'une constante b, quantité de prothrombine décomposée nécessaire à l'obtention de la première fibrille (Q est une constante dépendant des unités choisies.)

La détermination de R nous semble présenter un grand intérêt pratique. Alors que la phase d'opacité constante t peut varier assez largement, comme le temps de coagulation global lui-même, d'un prélèvement à l'autre, *le rapport* R *apparaît comme caractéristique du taux de prothrombine d'un sang*. Par là, il peut rendre les mêmes services que le temps de Quick [3]

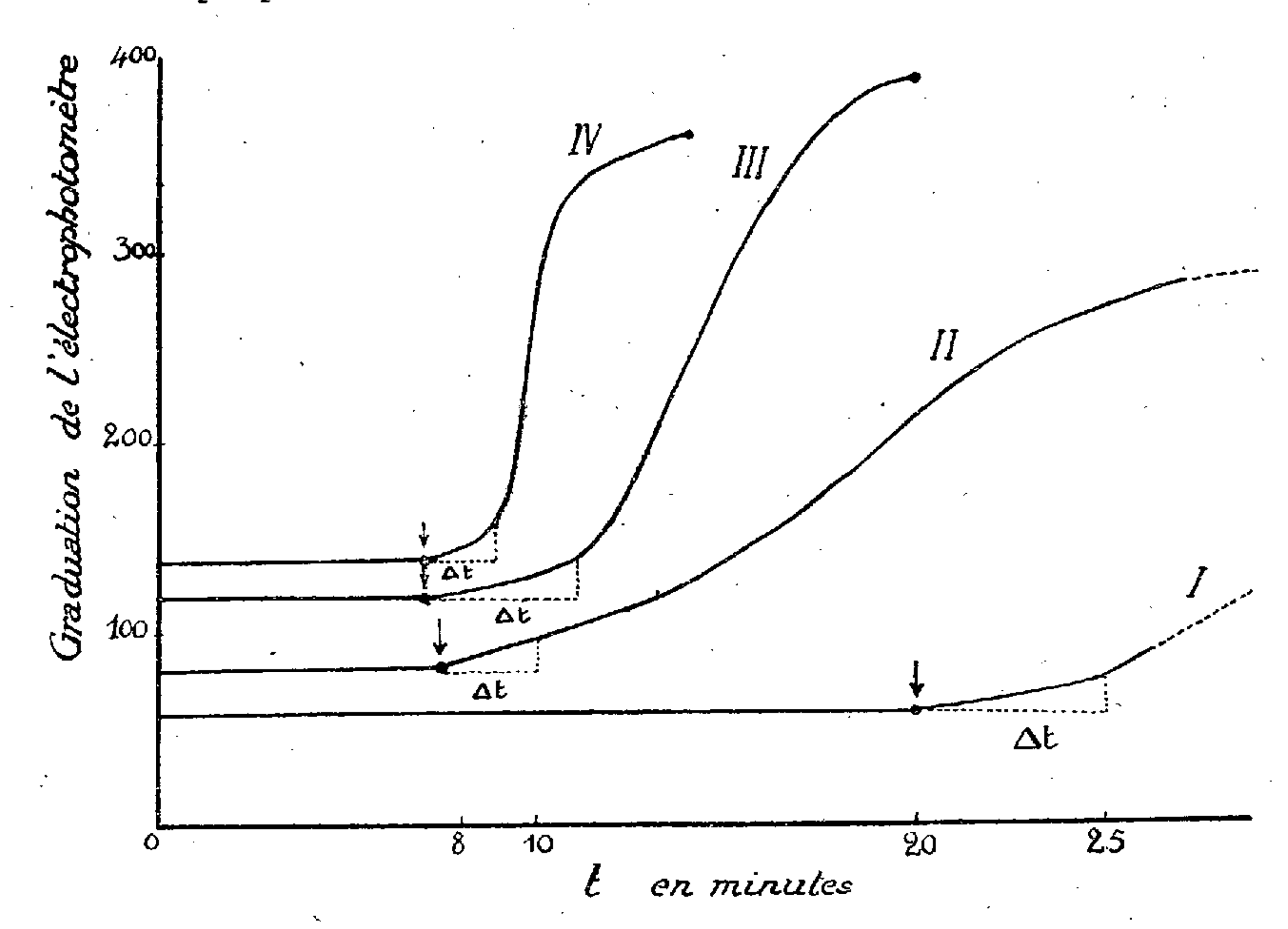
---

(5) *Biochem. Journ.*, 30, 1936, p. 890.

(6) Voir aussi DAM et GLAVIND, *Biochem. Journ.*, 32, 1938, p. 1018.

(7) LIAN, FRUMUSAN et SASSIER, *Le Sang*, 1939, n° 8, p. 817.

pour dépister l'appauvrissement du sang en prothrombine, et cela sans qu'il soit nécessaire de recourir aux solutions de thromboplastine, toujours délicates à préparer et conserver.



La courbe I représente la coagulation d'un plasma d'hémophile suivie à l'électrophotomètre, $t = 20$ min., $R = 0,31$; accélérée par une goutte de thromboplastine selon Quick (extrait aqueux de cerveau de lapin), la coagulation est représentée par la courbe II, où $t = 7$ min. 1/2 et $R = 0,30$. Il n'y a pas de déficience en prothrombine. La courbe III est celle d'un plasma ictérique, ne renfermant que 10 % du taux normal de prothrombine, $R = 0,70$. Après traitement par la 2-méthyl-1-4-naphtoquinone, on ramène ce taux à 100 %, et R revient à 0,25 (courbe IV).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le molybdène des nodosités de légumineuses.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Recherchant si les nodosités de *Cytisus proliferus* var. *palmensis* ne contenaient pas certains métaux en plus grande quantité que la racine, Pereira Forjas (¹) a signalé le Mo comme étant dans ce cas. Cet auteur a opéré par

(¹) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 585.

spectrographie ; il n'a examiné que les raies spectrales des cendres de nodosités n'existant pas dans celui des cendres de racines.

Deux ans plus tard ([2]) le même auteur trouve, par le même procédé, le Mo dans les nodosités de *Lupinus luteus*.

En 1936, K. Konishi et T. Tsuge ([3]), toujours grâce à la méthode spectrale, cherchent le Mo dans diverses nodosités de Légumineuses. Ces auteurs font un spectre d'arc entre charbons (6-7 Amp.) avec 10^{mg} de cendres; la limite de Mo décelable étant, d'après eux, de 0,005 % (soit $0^{\gamma},5$ pour les 10^{mg}). Ils signalent ainsi le Mo dans les nodosités de Lupin, de Luzerne, de *Genge*, de Vesce et de Féveroles. Il y aurait plus de Mo dans les nodosités que dans les racines, sauf dans le cas de *Genge* ; la teneur en Mo serait en outre plus grande avant la floraison qu'à la maturité de la plante. Le Mo n'a été décelé qu'à la limite.

Comme Bortels ([4]) aurait montré, en 1931, que le Mo est nécessaire au développement de l'*Azotobacter chroococcum*, travail confirmé et étendu à d'autres bactéries des nodosités par divers auteurs, j'ai pensé qu'il serait intéressant de faire une étude de la teneur relative en Mo des nodosités et des racines de légumineuses.

Les échantillons ont été lavés aussi soigneusement que possible. A titre d'indication, le tableau ci-après donne la teneur en Mo du sol dans lequel les plantes ont poussé, ainsi que celle de la partie aérienne des échantillons. La récolte a été faite au moment de la floraison, la méthode analytique employée est celle que j'ai décrite ailleurs ([5]).

Dans les 6 échantillons analysés les teneurs des nodosités en Mo sont beaucoup plus fortes que ne semble l'indiquer le travail des auteurs japonais ([3]). Sauf pour la fève, si l'on rapporte les chiffres au poids de la matière sèche, les nodosités sont beaucoup plus riches en Mo que les racines; il n'en est pas de même si on les rapporte aux cendres. Cette teneur relative ne semble pas liée à la taille des nodosités, qui varie d'une façon considérable d'une espèce à l'autre et dans la même espèce. Par rapport au poids de matière sèche, les nodosités sont de 5 à 32 fois plus riches en Mo que la partie aérienne de la plante, mais cette richesse semble fonction de celle de la racine, qui varie de 5,8 à 22 fois celle de la

---

([2]) *Chim. et Ind.*, numéro spécial 829, mars 1931.
([3]) *Mem. Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ.*, n° 37, *Chem. Séries* 20, 1936, p. 1.
([4]) *Arch. Microbiol.*, 1, 1931, p. 333.
([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 1676.

	Poids sec de l'échant. en gr.	Nombre de nodos.	Nombre de nodos au Kg sec.	Mo en mg par Kg sec.	Mo en mg par Kg de cendres.
Fève					
Terre	1,086	–	–	58,6	–
Racines	3,095	–	–	16,3	100
Nodosités	4,883	2.610	535.000	14,2	61,2
Partie aérienne	302	–	–	2,8	31
Lupin blanc					
Terre	1,046	–	–	49,5	–
Racines	3,65	–	–	16,3	163
Nodosités	2,84	237	125.000	26	132
Partie aérienne	336	–	–	0,82	9,96
Lupin blanc (inoculé)					
Terre	1,090	–	–	53	–
Racines	3,76	–	–	20,2	188
Nodosités	2,72	68	25.000	29,2	177,5
Partie aérienne	302	–	–	2,28	32,4
Soja tokio noir					
Terre	1,090	–	–	53	–
Racines	3,85	–	–	18,8	167
Nodosités	2,72	383	140.000	33,9	396
Partie aérienne	205	–	–	1,78	14,2
Haricot (inoculé)					
Terre	0,915	–	–	69	–
Racines	3,865	–	–	15,5	163
Nodosités	2,66	1110	416.000	35,2	378
Partie aérienne	209	–	–	2,86	21,1
Lupin jaune					
Terre	1,046	–	–	49,5	–
Racines	3,67	–	–	17,4	242
Nodosités	2,82	52	18.400	36,2	220
Partie aérienne	373	–	–	1,65	16,1

partie aérienne, sans que cette variation dépende de la taille des nodosités ou de la concentration du Mo dans les racines; toutefois, on a, pour le Lupin blanc,

$$\frac{(\text{Mo en mg par kg de cendres de nodosités})}{(\text{Mo en mg par kg de cendres de racines})} = k\,(\text{Mo en mg par kg de racines}).$$

Mais il n'y a pas assez de résultats pour pouvoir affirmer qu'il ne s'agisse pas là d'un hasard.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations et caractérisation chez les microbes d'un produit de polymérisation de l'acide β-hydroxybutyrique.* Note de M. **Maurice Lemoigne** et M^lle **Nadia Roukhelman**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En étudiant ce que nous avons appelé la fermentation β-hydroxybutyrique, nous avons trouvé que certains bacilles voisins du *B. Megatherium* contiennent un produit de déshydratation et de polymérisation de l'acide β-hydroxybutyrique en $(C^4H^6O^2)^n$ qui constitue jusqu'à 26 % de leur matière sèche. Insoluble dans l'eau et dans la plupart des solvants neutres, il est inattaquable par les acides dilués et transformé, par les alcalis à chaud, en un mélange de β-hydroxybutyrate et d'α-crotonate alcalins. Il est soluble dans le chloroforme dont la solution laisse, après évaporation, une pellicule cohérente, incolore, transparente, caractéristique. Le traitement des corps microbiens par le chloroforme ne donne qu'une fraction de ce produit que l'on ne peut extraire en totalité qu'après hydrolyse acide [1].

Nous avons repris l'étude de cette substance, dont nous avons suivi les variations quantitatives en fonction de l'âge de la culture, et nous avons été conduits, au cours de cette recherche, à mettre au point une méthode rapide et facile de caractérisation de ce produit.

1. Le produit en $(C^4H^6O^2)^n$ se retrouve dans les cultures âgées. Nous nous sommes demandé s'il était un simple déchet inutilisable.

Nous avons étudié ses variations quantitatives en fonction du temps. Les cultures sont faites sur moût de bière. Le développement a lieu à 30°.

Les résultats sont réunis dans les deux tableaux suivants :

Teneur centésimale de la matière sèche en produit $(C^4H^6O^2)^n$.

Age.	Série 61.	Série 111.	Série 129.
6 heures	–	–	traces
12 »	–	22,35	16,65
1 jour	22,70	26,17	19,43
1 jour 1/2	–	21,42	–
2 jours	19,10	19,42	19,21
3 »	12,60	–	11,05
4 »	9,23	–	–
5 »	–	–	8,12
7 »	7,90	–	–
10 »	7,50	–	–
15 »	6,24	–	–

[1] M. Lemoigne, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1761; *Ann. Institut Pasteur*, 39, 1925, p. 144 et 41, 1927, p. 148.

Poids des microbes secs et du produit $(C^4H^6O^2)^n$
pour une surface de 113$^{cm^2}$.

Âge.	Poids des microbes secs en grammes. S. 61.	S. 111.	S. 129.	Poids du produit $(C^4H^6O^2)^n$ en grammes. S. 61.	S. 111.	S. 129.
6 heures.........	–	–	0,082	–	–	traces
12 »	–	0,338	0,208	–	0,076	0,034
1 jour............	0,638	0,580	0,701	0,142	0,152	0,136
1 jour 1/2........	–	0,944	–	–	0,202	–
2 jours	1,222	1,082	1,203	0,233	0,210	0,231
3 »	1,342	–	1,270	0,169	0,182	0,140
4 »	1,380	–	–	0,127	–	–
5 »	–	–	1,236	–	–	0,100
7 »	1,299	–	–	0,105	–	–
10 »	1,287	–	–	0,097	–	–
15 »	1,491	–	–	0,091	–	–

Ces résultats montrent que ce produit de déshydratation et de polymérisation de l'acide β-hydroxybutyrique n'est pas un déchet inutilisable.

Formé très rapidement, il disparaît de même, au moins partiellement. Cette disparition brusque a lieu après le 2e jour, alors que le poids sec des microbes augmente, ce qui prouve qu'elle n'est pas un simple phénomène d'autolyse *post mortem*.

Dans ce milieu, la sporulation accompagne cette disparition.

2. Au cours de nos recherches nous avons constaté que la présence de ce produit en $(C^4H^6O^2)^n$ est caractéristique de certaines espèces.

D'autre part, les essais relatés ci-dessus, nous ont conduits à mettre au point notre méthode analytique et à la simplifier beaucoup.

Cette technique, employée qualitativement, peut, à notre avis, être utilisée en bactériologie pour la caractérisation et la classification des espèces microbiennes.

Deux à trois cultures sur tubes inclinés de gélose sucrée sont mises en suspension dans 10$^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique à 20 % après 2 à 3 jours d'incubation à la température optima du microbe. On fait bouillir la suspension acide pendant 3 minutes, puis, après transvasement, on centrifuge. On lave le culot 2 ou 3 fois à l'alcool et 1 ou 2 fois à l'éther, en faisant toutes les séparations par centrifugation, puis on l'épuise par le chloroforme bouillant dans le tube même de centrifuge.

La solution chloroformique filtrée est évaporée.

La réaction est positive quand on a une pellicule cohérente, incolore, transparente. Un disque de $0^{mg},25$ est très visible.

Cette réaction est des plus nettes et nous estimons qu'elle pourrait être utilisée en Bactériologie. Employée simultanément avec la réaction de la Nickeldiméthylglyoxime caractéristique de l'acétylméthylcarbinol, elle pourra sans doute servir pour l'étude du groupe des bacilles aérobies qui jouent un si grand rôle dans la décomposition des matières organiques dans la nature.

BACTÉRIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des colorants antiseptiques.* Note [1] de MM. **Maurice Doladilhe** et **Aimé Guy**.

Nos expériences ont porté sur de nombreux colorants colloïdaux électropositifs (Vert malachite, Violet de gentiane, Bleu Victoria, Auramine OO, Jaune d'acridine, Orangé d'acridine, Trypaflavine, Phosphine solide, Safranine, Rhodamine) et sur les germes microbiens suivants : Staphylocoque blanc et doré, Streptocoque, Entérocoque, *Bacterium coli*, Bacille pyocyanique, Bacille de Löeffler, Bacilles typhique et paratyphique A et B.

En suspension dans l'eau distillée ou dans le sérum physiologique, ces germes, vivants, se comportent vis-à-vis des colorants comme les granules des colloïdes électronégatifs. En effet ils fixent les colorants électropositifs et ne fixent pas les colorants électronégatifs [2].

Cette teinture directe des germes rompt l'équilibre de leurs suspensions. On observe, en effet, la floculation des germes teints comme on observe celle des granules colloïdaux électronégatifs teints par un colorant électropositif.

Les germes teints perdent peu à peu leur vitalité. En voici un exemple : à 1^{cm^3} d'une suspension de *Bacterium coli* en eau distillée, on ajoute 1^{cm^3} d'une solution d'orangé d'acridine à 1^{g} par litre. Après deux minutes de contact la sédimentation commence; on centrifuge et l'on disperse le culot microbien dans 2^{cm^3} d'eau stérile. On ensemence en bouillon nutritif, à des

---

(1) Séance du 9 décembre 1940.

(2) M. Doladilhe, *Thèse Doct. ès sciences*, Dijon, 1931.

intervalles de temps croissants t, 1/10e de centimètre cube de cette dernière suspension. Les observations sont consignées ci-dessous.

	Temps (en min.).
Culture abondante en 24 heures	5
» » en 48 heures	15
» pauvre, bacilles agglutinés en 48 heures	25
» négative	45 et 50

Toutes autres conditions égales, le temps t, au bout duquel le germe teint perd complètement sa vitalité, diminue à mesure qu'augmente la concentration du colorant.

Les milieux organiques (bouillon de culture, gélose, pus, sérum sanguin, sérosités des plaies) exercent toujours sur les germes teints une action désorbante : les germes se décolorent, en effet, lorsqu'ils sont plongés dans ces milieux.

Si la désorption du colorant s'effectue dans un temps inférieur au temps t nécessaire à la mort du germe, ce dernier retrouve sa vitalité et cultive; si, au contraire, la désorption est trop lente, le germe décoloré a perdu définitivement sa vitalité et ne cultive plus.

Les colorants qui donnent les teintures les plus solides sont ceux pour lesquels la désorption par les milieux organiques est la plus lente.

Tels sont, par exemple, les dérivés de l'acridine. Ces faits expliquent, en partie tout au moins, pourquoi ces substances se sont révélées, en clinique, comme les meilleurs antiseptiques colorants.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 2 décembre 1940.)

Note de M. *Roger Servant*, Dispersion rotatoire du quartz :

Page 554, à la 3e formule en bas de page, relever le facteur 10^4 au niveau du trait de fraction et *lire*

$$\rho = 10^4 \cdot \frac{10^{-6} \cdot \lambda_o^2 + 0,515}{13,956 \cdot 10^{-12} \cdot \lambda_o^4 - 17,639 \cdot 10^{-6} \cdot \lambda_o^2 + 2,076}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 23 DÉCEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

En ouvrant la séance, M. **Hyacinthe Vincent**, prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

En cette période douloureuse qui pèse sur notre pays, la Séance annuelle ne pouvait être tenue dans les conditions d'habituelle solennité. Mieux que des phrases vaines, sa simplicité traduit, à la fois, notre réserve et notre dignité. Permettez-moi de ne pas m'étendre davantage sur ce sujet : aussi bien, ce que j'en pourrais dire ne serait qu'à l'image de ce qui est gravé dans votre cœur et votre raison.

Vous êtes venus ici pour participer à cette manifestation de dévouement commun à la double cause de la solidarité et de la Science. Soyez-en remerciés.

J'ai la mission d'adresser un dernier hommage à ceux de nos membres que l'Académie a perdus au cours de cette année. Leur sort est enviable, car ils sont morts ayant conservé leur foi dans les destinées du pays et la joie souveraine d'avoir vécu des heures radieuses d'espérance et de travail.

Le 24 novembre 1890, **Édouard Branly** adressait à l'Académie des Sciences une Note intitulée : *Variations de conductibilité sous diverses influences électriques.* Le 12 janvier de l'année suivante, il envoyait une nouvelle Note sur les *Variations de conductibilité des substances isolantes.*

Dans ces deux publications, Branly mettait en lumière un fait important (dont il a rappelé plus tard la priorité), savoir le rôle radioconducteur à distance de certaines substances conductrices discontinues.

Ces Notes que j'analyse plus loin, avaient été suivies, en 1905 et 1906, par d'autres dans lesquelles Branly démontrait expérimentalement que la télégraphie sans fil n'est pas la seule application de la conductibilité des

radioconducteurs et que la télémécanique sans fil pouvait bénéficier pratiquement du même principe scientifique. Il avait construit, à cet effet, un appareil permettant cette transmission, et il en a décrit le fonctionnement.

Édouard Branly était né à Amiens, le 23 octobre 1844; il est mort à Paris, le 24 mars 1940. Il fut reçu à l'École Normale Supérieure et en sortit trois ans après, agrégé dès Sciences physiques et naturelles. Après avoir passé son Doctorat ès Sciences, il fit sa Médecine et fut reçu Docteur en 1882. Sa Thèse avait pour sujet : *Le dosage de l'hémoglobine par le spectrophotomètre*. Il décrit longuement la technique et le fonctionnement de l'appareillage employé et donne les résultats des mesures relatives à la durée de conservation du sang, aux effets des saignées et des injections intraveineuses d'eau sur l'hémoglobine.

De 1869 à 1875, Branly a été Chef de travaux, puis Directeur adjoint au Laboratoire de Physique de la Sorbonne.

En 1875, la chaire de Physique générale lui fut confiée à l'Institut catholique et, depuis cette date lointaine, il n'a cessé d'enseigner et de travailler. Pour des raisons d'ordre économique, son laboratoire fut longtemps fort modeste, si modeste qu'il avait, non sans malice, inscrit sur sa porte : « Laboratoire provisoire depuis 1875 ». Ce laboratoire fut enfin reconstruit et outillé à la mesure de son illustre titulaire.

C'est là que Branly vivait avec prédilection. Il y séjourna presque jusqu'à la fin de sa longue vie. On l'y trouvait le dimanche comme les autres jours. Il ignorait les vacances petites ou grandes.

Sa bonté, sa générosité, il les témoignait en silence. Pendant la précédente guerre, il partageait discrètement ses émoluments avec le petit personnel de son laboratoire.

Depuis longtemps, Branly s'était proposé l'étude du rayonnement électrique annoncé par Maxwell et démontré par Hertz : ce dernier avait précisé la vitesse de ses rayons. Branly a repris l'étude de l'influence qu'exercent les perturbations électriques sur la conductibilité des limailles métalliques et celle de la transmission de ces ondes dans l'espace, entre deux points éloignés et distincts.

Tout le monde connaît ses belles expériences. D'une part, un éclateur à étincelles issues d'une machine statique, d'autre part, un circuit formé par une pile, un galvanomètre et un tube contenant de la limaille de fer, tel était l'appareillage qui lui a fourni la démonstration de la transmission à distance des ondes hertziennes. L'éclateur était situé à 25^{m} du circuit, et

séparé de lui par trois pièces et par leurs murs. Lorsqu'on faisait éclater l'étincelle, la limaille devenait conductrice et le galvanomètre annonçait par sa déviation le passage du courant. Celui-ci pouvait être arrêté par un léger choc sur le tube à limaille; il était rétabli par une nouvelle étincelle.

Je n'ai pas à rappeler les conséquences qui ont résulté de ces expériences et l'extension extraordinaire qu'a prise la T. S. F. à la suite des perfectionnements successifs qui lui ont été apportés. Marconi a solennellement reconnu Branly comme l'initiateur de la radiotransmission.

Branly était membre de l'Académie des Sciences depuis 1911.

Il est mort à l'âge de 95 ans, laissant un sillage de gloire que l'État, souvent ingrat pour ceux qui honorent la France, reconnut enfin en décidant de lui faire des obsèques nationales. Une foule immense y assista, témoignant de son respect et de son admiration pour ce grand Français.

Alexandre Desgrez, né le 15 juillet 1863, à Bannes (Haute-Marne) et mort le 20 janvier 1940, avait été élu membre libre de l'Académie des Sciences le 10 mars 1924. Il était alors membre de l'Académie de Médecine et Professeur de Chimie à la Faculté de Médecine.

Il avait débuté par des travaux sur l'hydratation des carbures acétyléniques, qui firent le sujet de sa Thèse de doctorat ès Sciences. Desgrez était déjà Docteur en pharmacie. Il fut reçu, en 1895, Docteur en médecine et devint Chef du laboratoire du Professeur Bouchard.

Sa carrière se dessinait alors, à la fois laborieuse et fructueuse. Agrégé de Chimie, il succéda en 1912, à Armand Gautier dans la chaire de Chimie médicale de la Faculté de Médecine.

Pendant la précédente guerre, A. Desgrez s'est attaché avec Moureu à l'étude des gaz toxiques ou asphyxiants et à la protection contre ces gaz.

Il a consacré ses recherches à la Chimie organique et à la Chimie biologique, soit en collaboration avec notre Confrère, M. Béhal, soit seul. On lui doit d'importantes études sur la fixation des éléments de l'eau sur les dérivés non saturés. Il a démontré que cette fixation peut s'appliquer aux carbures supérieurs, avec formation d'alcools élevés, ainsi qu'aux alcools éthyléniques, avec formation de glycols en présence d'agents acides.

Ces travaux ont conduit à la préparation d'acétaldéhyde et, par réduction de ce dernier, à celle de l'alcool éthylique.

Il a préparé les nitriles aromatiques; il a élucidé le problème de la

décomposition lente du chloroforme en oxyde de carbone et acide chlorhydrique *in vivo*, sous l'influence des sels alcalins de l'organisme.

Nombreux sont ses travaux de Chimie biologique, sur le dosage du carbone total par oxydation sulfochromique, sur la toxicité des nitriles ou des azotures de carbone, sur l'épuration de l'air par le bioxyde de sodium.

Alexandre Desgrez a servi avec une haute compétence la Science et son pays.

« Je n'ai jamais cessé de vivre dans mon laboratoire, et les rares moments que je pouvais consacrer à mes travaux scientifiques y furent toujours les meilleurs de ma vie. »

Telles sont les réflexions qu'exprimait **Jules-Louis Breton**, Membre libre de l'Académie des Sciences. Il avait été élu le 29 novembre 1920 en remplacement d'Adolphe Carnot.

Il était né à Courrières (Pas-de-Calais) le 1er avril 1872; il est mort le 2 août 1940 à Bellevue (Seine).

La politique l'avait absorbé dès sa jeunesse. C'est ainsi qu'il fut député du Cher à l'âge de 26 ans et, plus tard, sénateur. Pendant sa carrière parlementaire, il n'a cessé de s'intéresser aux problèmes scientifiques et pratiques qui relèvent des inventions (il fut, d'ailleurs, Sous-Secrétaire d'État des Inventions, des Études et des Expériences techniques) ainsi qu'à l'hygiène générale des populations, à la natalité française, à l'encouragement des familles nombreuses, aux logements insalubres. On lui doit encore l'adoption de la loi relative aux dommages causés par les maladies professionnelles et de celle qui a aboli l'usage de la céruse en peinture.

Son dévoûment à la cause publique, à l'hygiène et à la prophylaxie lui valut d'être nommé Ministre de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociales en 1920.

Jules Breton a un autre titre à notre attention. Il a été, en effet, l'initiateur, sinon l'inventeur des chars de combat, et a réussi, pendant la précédente guerre, à en faire adopter l'emploi. De nombreux et importants témoignages l'ont confirmé.

Il s'est, d'ailleurs, attaché à donner une orientation pratique à tout ce qu'il a étudié. Il a été nommé, en raison de ses connaissances spéciales, Directeur des Recherches scientifiques et industrielles, Directeur de l'Office national des Inventions. Il fut aussi le créateur du Salon des Arts ménagers.

Lorsque Jules Breton fut mis à la retraite, il présentait déjà les premiers symptômes de la lente maladie à laquelle il devait succomber. Peu à peu, la paralysie envahit ses quatre membres, puis les muscles de la face. Mais son intelligence était demeurée entièrement lucide. Et c'est alors que, revenant à ses études de prédilection, il imagina des méthodes et des appareils d'une remarquable ingéniosité qui lui permettaient de se déplacer, de faire entendre distinctement sa voix, d'écrire et de dessiner au tableau installé devant lui, de voir au loin, de lire, de boire, de manger.

Sa résistance morale, son courage égalaient son activité intellectuelle. Jules Breton a su faire reculer, pendant quelque temps, cette mort qu'il a attendue avec un stoïcisme souriant et digne d'admiration.

Max Laubeuf, Membre de la section des applications de la Science à l'Industrie, était né le 23 novembre 1864, à Poissy. Il est mort à Cannes le 23 décembre 1939. Ancien élève de l'École polytechnique, devenu ensuite Ingénieur de la Marine, Laubeuf a consacré sa vie à l'étude des questions théoriques et pratiques relatives à la construction et à l'utilisation des navires, à leurs perfectionnements, à leur mode de propulsion.

La navigation sous-marine a été l'objet de prédilection de ses beaux travaux. Laubeuf, et c'est là une œuvre qui ne saurait désormais être oubliée, a été le promoteur du submersible. Le célèbre bateau le *Narval* en fut la première réalisation. Ce navire était, d'ailleurs, apte à naviguer sur l'eau aussi bien que sous l'eau. On a pu dire très justement que le projet de Laubeuf a apporté une véritable révolution dans la Marine de guerre. Toutes les marines du monde ont adopté le principe du submersible de Laubeuf.

Plein de confiance dans le fonctionnement du *Narval* et dans la sécurité de son ouvrage, Laubeuf vécut, pendant plusieurs mois, à bord de ce navire, faisant quotidiennement des plongées, et ce fut pour lui comme pour l'État-Major qui participait à cette œuvre, l'occasion d'observations fructueuses dont a bénéficié la Marine française.

A côté de ses études sur les hélices, de celles qu'il a consacrées à l'influence de la profondeur de l'eau sur la vitesse des navires, Laubeuf, dans un ouvrage écrit en collaboration avec Strob, a signalé l'application de l'influence magnétique de la coque des navires à l'emploi des mines sous-marines, ce qui aurait, dit-il, l'avantage d'obtenir l'explosion du navire à une plus grande distance. Cette idée n'est donc pas nouvelle.

Max Laubeuf, ingénieur éminent et original, a rendu à la France des services très importants. Il a droit à notre vive reconnaissance.

En perdant **Léon Lecornu**, l'Académie des Sciences a perdu un savant éminent, un Maître dans le domaine de la Mécanique, de la Géométrie, de l'Analyse, et aussi, car il a été Ingénieur en Chef des Mines, de la Géologie.

Né à Caen le 13 janvier 1854, Lecornu est mort le 13 novembre 1940, après une longue existence consacrée à la recherche scientifique.

Il était membre de l'Académie des Sciences depuis l'année 1910, date à laquelle il avait succédé à Maurice Levy.

Lecornu manifesta de bonne heure ses brillantes aptitudes. En 1872, il remportait, au Lycée de Caen, le prix d'Honneur de Mathématiques au Concours général.

A sa sortie de l'École polytechnique, puis de l'École des Mines, il fut nommé Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Caen. Bientôt après, il fut appelé à Paris pour remplir les fonctions de Professeur de Mécanique à l'École des Mines, puis à l'École polytechnique, en même temps qu'à l'École supérieure de l'Aéronautique.

Sa Thèse de Doctorat ès Sciences, consacrée à l'*Équilibre des surfaces flexibles et inextensibles*, révélait une œuvre véritablement magistrale. Il montre comment les tensions normales et tangentielles sur la surface déformée sont liées aux variations de la courbure normale et de la torsion géodésique des courbes tracées sur la surface.

On peut dire de Lecornu qu'il s'est toujours appliqué, dans ses travaux si importants et si féconds, à en tirer des applications pratiques. Je les rappelle ici : influence de la pression interne uniforme sur une enveloppe fermée (aérostat); problème de la meule cylindrique en rotation, qu'il résout en remplaçant le cylindre tournant par un ellipsoïde de révolution; équilibre d'élasticité d'un tore soumis intérieurement à une pression constante déterminée; études sur les forces analytiques, sur les mouvements plans, sur le pendule de longueur variable; discussion sur l'efficacité de nombreux appareils industriels construits d'après des principes exacts, mais applicables à des modèles réduits, non aux machines à très grandes vitesses; calcul des meilleures proportions à établir entre le régulateur et et le volant, etc.

Ces problèmes sont longuement décrits dans son beau *Traité de Mécanique*.

On doit à Lecornu la théorie des volants élastiques et les conclusions d'ordre pratique que l'industrie a aussitôt utilisées. Il a également introduit de nombreux progrès dans la Mécanique des engrenages, démontrant, en particulier, que l'engrenage épicycloïdal a un rendement supérieur à celui de l'engrenage à développante.

Je rappellerai encore parmi les nombreuses questions qu'il a rénovées et perfectionnées, la dérive des projectiles, l'équilibre des palans, la transmission du travail dans les machines, la théorie des tuyères; ses études sur la vis sans fin, les roulements à billes, l'équilibre relatif des solides tournants, etc.

Je n'ai pu donner qu'une faible idée des travaux de Lecornu et de leur importance primordiale. Ceux qu'il a fait connaître en Géologie dénoncent encore l'étendue remarquable de ses connaissances, l'originalité de son esprit critique, la précision sévère de son jugement. Il a mis en évidence et il a interprété les caractères géométriques et la signification mécanique de certains phénomènes, notamment les phénomènes de glissement et de failles.

Il a élucidé la question longtemps obscure de la stratigraphie du terrain silurien, en Normandie, démontrant qu'il s'agissait d'un plissement isoclinal, ce qui l'a amené à conclure à l'existence de minerai de fer dans une région où il n'en avait jamais été signalé. La découverte de ce minerai montra combien étaient exactes ses prévisions basées sur une étude scientifique approfondie.

Presque jusqu'à la fin de sa vie, Lecornu n'a cessé d'adresser à l'Académie des Notes originales, pleines d'intérêt.

Sa santé était, malgré l'apparence et malgré son âge, demeurée très longtemps parfaite. Il était très fier de dire, lorsqu'il prit sa retraite, qu'il n'avait jamais manqué un seul cours, pour raison de maladie, pendant son long professorat. Mais, depuis quelques mois, sa santé s'avérait compromise. Les événements présents l'avaient contraint à se réfugier en province, où il vient de succomber.

Léon Lecornu a disparu, mais son œuvre subsiste. Elle est d'une valeur exceptionnelle qui mérite notre admiration. Son existence scientifique honore à la fois notre pays et notre Académie.

Pierre-Ernest Weiss était Membre non résidant de l'Académie des Sciences. Né à Mulhouse le 25 Mars 1865, il est mort à Lyon le 24 Octobre 1940.

Après avoir fait une partie de ses études au Polytechnikum de Zurich, il vint à Paris au Lycée Saint-Louis pour préparer le concours d'entrée à l'École Normale Supérieure. Nommé Agrégé, puis Docteur ès Sciences physiques, Pierre Weiss se consacra d'abord à l'étude de la magnétite. Dans sa Thèse, il a signalé une propriété nouvelle et importante de ce minéral, savoir, que sa susceptibilité magnétique change avec la direction du

champ magnétisant, en restant cependant la même pour deux directions symétriques par rapport aux éléments de symétrie du cristal. Il a démontré ainsi que la magnétite décèle mieux que la lumière polarisée la symétrie interne de la matière cristallisée. Du reste, une sphère taillée dans un cristal de magnétite est attirée diversement suivant la partie de la sphère placée au voisinage d'un pôle d'aimantation.

Pierre Weiss a rempli successivement les fonctions de Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes, à celle de Lyon, au Polytechnikum de Zurich; enfin, en 1919, il fut nommé Professeur à l'Université de Strasbourg.

C'est là également qu'il fonda l'Institut de Physique et qu'il poursuivit ses recherches sur le magnétisme, sur ses variations en fonction de la température. Il inventa un modèle d'électro-aimant universellement adopté en raison de ses perfectionnements, notamment en remplaçant le fer des pièces polaires par le ferro-cobalt plus perméable.

Pierre Weiss a démontré que, pour les corps paramagnétiques, la loi de Curie (susceptibilité magnétique variant en raison inverse de la température absolue) s'explique seulement dans certains cas, mais qu'il y a lieu, dans le cas général, de remplacer T par la différence comprise entre T et une température constante θ. Cette loi, dite de Curie-Weiss, a été vérifiée pour un très grand nombre de substances.

Weiss s'est attaché aussi à l'étude des substances ferro-magnétiques. Outre le champ extérieur il convient de considérer un *champ moléculaire* proportionnel à l'intensité d'aimantation, dirigé comme elle et prenant naissance lorsque les aimants élémentaires ont pris l'orientation commune.

Il a signalé, chez le nickel, le phénomène « magnéto-calorique », c'est-à-dire le changement de température qu'une substance para- ou ferro-magnétique éprouve quand on l'aimante ou qu'on la soustrait à l'action du champ.

Il convient encore de rappeler la part très importante que les travaux de Pierre Weiss et ceux de son École ont prise dans les Congrès ou les Réunions scientifiques, ainsi que dans les Conseils Solvay. Organisée à Strasbourg du 21 au 25 mai 1939, la Réunion d'étude sur le Magnétisme fut le rendez-vous d'un grand nombre de physiciens venus des pays les plus éloignés. Cette réunion a confirmé le rôle du magnétisme, rôle qui devient de plus en plus important depuis qu'il a été démontré que l'électron lui-même a un moment magnétique.

La guerre a rendu désert le laboratoire de Weiss où étaient nés tant de travaux si importants.

La Géologie, la Minéralogie et la Paléontologie ont fait une grande perte en la personne de **Waldemar Christofer Brögger**, Associé étranger de l'Académie des Sciences. Il était né à Kristiania (Oslo) le 10 novembre 1851, et il est mort à Bœkkelaget le 17 février 1940.

Brögger avait professé successivement la Minéralogie et la Géologie à l'Université d'Oslo, puis à la Hogskola de Stockholm (1881). Il fut rappelé, neuf ans plus tard à Kristiania, pour occuper une chaire créée pour lui. En 1906, il devenait Recteur de cette Université.

Ce savant s'est attaché à l'étude géologique de la Norvège. Il a publié un grand nombre d'ouvrages de valeur et qui ont eu un véritable retentissement. Il convient de citer ici sa monographie des pegmatites de syénites néphéliniques et pyroxéniques; ses mémoires sur la série groruditetingnaïte, sur les roches filoniennes accompagnant la laurdalite, sur la région de Fen et ses roches, sur les granites orbiculaires de Norvège.

Ses descriptions de minéraux rares, sa découverte d'espèces minérales nouvelles constituent des modèles d'originalité et de précision. Il en est de même de ses recherches chimiques et minéralogiques sur les roches alcalines de la région d'Oslo qui l'ont conduit à des conceptions nouvelles sur la différenciation des magmas profonds.

Il y a lieu de rappeler encore, dans l'ensemble si considérable de ses recherches, ses travaux consacrés à la stratigraphie, à la tectonique et à la paléontologie de la Norvège.

Brögger a porté une attention spéciale aux extensions glaciaires parties de la Scandinavie et descendues vers l'Allemagne du Nord. Il a décrit les stades successifs de retrait et d'invasion marine dans ces régions, ainsi que la faune spéciale qui les a accompagnés, complétant ainsi ses recherches si documentées sur la fin des périodes glaciaires en Europe.

Les travaux de Brögger lui ont valu une réputation exceptionnelle parmi les géologues du monde.

Jules Mikhaïlovitch Schokalsky a laissé une œuvre très dense qui comprenait déjà, il y a dix ans, 390 ouvrages ou publications; il n'a cessé de publier presque jusqu'à sa mort.

Il était né à Saint-Pétersbourg le 17 octobre 1856. Il est mort le 26 mars 1940.

Après un stage de trois ans à l'École navale de Saint-Pétersbourg, puis à l'Académie navale (1878-1880), il entra à l'Observatoire physique comme Chef de la section de Météorologie maritime et resta, pendant 25 ans, Professeur à l'École navale.

Sa connaissance approfondie des problèmes d'Océanographie et d'Hydrographie s'est traduite par de nombreux ouvrages sur la Russie d'Europe, sur la Russie d'Asie, sur l'Océanographie, etc.

Il a été le promoteur et le Président du premier *Congrès international de la Navigation maritime*, à Saint-Pétersbourg. A la suite de ce Congrès fut institué le *Bureau hydrographique international de Monaco*.

Lauréat de l'Académie des Sciences, Schokalsky avait conservé avec la France et avec ses Collègues français les relations les plus affables. Sa très grande compétence scientifique l'avait fait nommer Correspondant du Bureau des Longitudes en 1930. Deux ans plus tard, l'Académie des Sciences l'avait élu Correspondant dans la Section de Géographie et Navigation.

Bactériologiste et hygiéniste éminent, connu partout pour l'importance de ses travaux, **Giuseppe Sanarelli** était né en Italie, à Monte San Savino (Arezzo), le 24 septembre 1865. Il est mort à Rome le 6 avril 1940.

Il avait été élu Correspondant dans la Section de Médecine et Chirurgie, le 2 juillet 1934.

Sienne, Pavie, Munich, Montevideo, Bologne, Paris, Rome ont été successivement les sièges de son fructueux labeur, de ses recherches ou de son enseignement magistral. Dans ces divers séjours, et avant de revenir à Rome où l'attendaient la chaire d'Hygiène de l'Université ainsi que la Direction de l'Institut royal d'Hygiène, Sanarelli avait manifesté partout où il avait étudié et expérimenté, des connaissances et une pratique expérimentale exceptionnelles.

Il avait fondé l'Institut d'Hygiène de la ville de Montevideo. A Paris, où il a séjourné longtemps, il était un familier de l'Institut Pasteur et s'était fait une grande réputation par la sympathie qu'il inspirait et par sa haute valeur scientifique.

Sanarelli a publié divers ouvrages d'Hygiène générale ou spéciale, notamment sur la Tuberculose, son évolution sociale, le rôle de son facteur héréditaire.

On lui doit des travaux originaux relatifs à la fièvre jaune, au choléra, à la fièvre typhoïde, au rôle de certains microbes d'association dans cette dernière maladie, au charbon intestinal, à la spirochétose de Vincent, aux entéropathies microbiennes etc.

Sa découverte la plus importante est celle du virus myxomateux du Lapin (*Sanarellia cuniculi*), premier type décrit d'un virus invisible et filtrant.

Il a signalé aussi un phénomène biologique nouveau, l'allergie hémorra-

gique expérimentale, aujourd'hui décrite sous le nom de *phénomène de Sanarelli*.

Parallèlement à ses travaux de laboratoire et à son enseignement, Sanarelli a eu, en Italie, un rôle politique important comme député, puis sénateur, Sous-Secrétaire d'État.

Il a été Recteur de l'Université de Rome. L'Université de Paris a conféré à Sanarelli le titre de Docteur *honoris causa*.

Qu'il me soit permis de lui adresser l'hommage ému de notre sympathie et de nos profonds regrets.

Vito Volterra, élu Correspondant de l'Académie des Sciences en 1904, était Associé étranger depuis 1917. Il assistait fréquemment à nos séances chaque fois que l'appelait à Paris la Présidence du Comité du Bureau International des Poids et Mesures.

Volterra était né à Ancône le 3 mai 1860. Il est mort le 11 octobre 1940, à Rome. Professeur à l'Université de Pise, puis à celle de Turin, il a occupé, de 1900 à 1939, la chaire de Physique mathématique à l'Université de Rome.

Son œuvre essentielle porte sur l'Analyse mathématique, la Mécanique et la Physique mathématique. On lui doit l'étude des fonctions de lignes qui se rencontrent dans le Calcul des variations, et qu'on trouve aussi en Physique. Il a introduit en Mécanique la notion des *distorsions* à la suite de son Mémoire sur les corps élastiques à connexion multiple. Ces corps présentent des cas d'équilibre qui n'existent pas pour les corps à connexion simple.

Le procédé classique de l'analyse infinitésimale, que Volterra appelle le passage du discontinu au continu, a été appliqué par lui dès ses premiers travaux sur les équations intégrales et sur les équations intégro-différentielles.

En Physique mathématique, Volterra a étudié, en particulier, l'impossibilité de la stratification d'une masse fluide en rotation uniforme, formée de couches ellipsoïdes homothétiques et concentriques.

Son important travail sur les variations des latitudes mérite d'être rappelé. Cette variation est, pour lui, la conséquence, non seulement des causes qui altèrent la distribution des masses, mais encore des mouvements cycliques se produisant à la surface du globe, et pouvant exercer une influence sur le déplacement des pôles : tels sont les courants marins constants, les courants atmosphériques, ceux des eaux fluviales qui ne

modifient pas sensiblement la distribution des masses ni la forme de la Terre.

Volterra, soucieux des applications de ses travaux mathématiques et physiques, a introduit le principe du coefficient d'hérédité dans l'étude analytique des phénomènes mécaniques, puis s'en est inspiré pour aborder le principe de l'hérédité dans divers phénomènes biologiques tels que la lutte pour la vie chez certaines espèces vivant ensemble. Il est parvenu, pour les fluctuations du nombre respectif de ces espèces, par exemple certains Poissons de la Méditerranée, à des résultats concordant avec les données statistiques.

L'œuvre si variée et originale de Vito Volterra lui confère un rang élevé parmi les savants de notre temps.

Ici se termine le lourd bilan des pertes subies par l'Académie en cette année déjà si triste par les événements qui l'ont marquée à jamais dans notre mémoire.

*
* *

MESSIEURS,

La vie et l'œuvre des savants qui ont appartenu à l'Académie des Sciences et qui sont morts, constituent, pour ceux qui leur survivent, un enseignement et un exemple. Si l'on considère les résultats de leurs découvertes et si l'on envisage leur existence vouée tout entière à la recherche de la vérité scientifique, c'est un juste devoir de leur rendre hommage. Car chacun d'eux a ajouté à l'honneur qui pare notre Académie.

Ce n'est pas à vous qu'il convient de rappeler les satisfactions intimes qui président à l'effort et au travail de l'esprit. L'un et l'autre sont à l'origine d'un inestimable bienfait qui est de susciter et d'entretenir la pensée créatrice. Mais il en résulte encore, dans un autre ordre d'idées qui nous touche de près, une conséquence peut-être méconnue et qui mérite d'être évoquée.

Ne m'accusez pas de paradoxe si j'avance que l'intelligence exerce directement ou non, une influence régulatrice sur le jeu physiologique des organes et, plus encore peut-être, sur leur résistance aux effets de l'âge. Solidaire de sa fragile enveloppe, le cerveau réagit sur elle, en effet, par réciprocité, comme un stimulant et comme un facteur imprévu d'entretien.

Pour qui consent à associer, dans une mesure raisonnable, l'activité du corps à celle de l'esprit, la vie intellectuelle pallie ou même retarde les

effets de l'inéluctable vieillesse. A tout âge nous suivons, sans doute, comme l'a dit Montaigne, les allées qui conduisent à celle-ci. Mais le mot *vieillesse* n'est pas synonyme de sénilité, et l'homme qui a accoutumé de réfléchir et de méditer n'est pas nécessairement condamné à la disgrâce immuable de ses facultés et de son jugement, dès lors qu'il les a mis en action et qu'il les a entretenus depuis sa jeunesse.

Venant à l'appui de ce qui précède, il est un fait remarquable qui mérite d'être rappelé : c'est la fréquente longévité de ceux qui se sont consacrés à la science. Que d'exemples nombreux pourrais-je signaler, empruntés à l'histoire des savants qui ont appartenu à l'Académie — à ceux aussi qui lui appartiennent encore — et qui légitiment cette remarque digne d'intérêt !

Je disais et j'enseignais jadis que la vieillesse est une maladie chronique qui s'aggrave de jour en jour. Il y a une part certaine de vérité dans cette appréciation. Mais, ainsi formulée, elle était trop absolue car elle s'inspirait de l'observation spéciale de malades âgés dont beaucoup avaient cédé à des habitudes d'intempérance assez répandues à cette époque et, hélas, plus fréquentes encore aujourd'hui, dans tous les milieux.... Il serait donc inexact de donner à la définition pessimiste ci-dessus une signification trop générale.

En conséquence, s'il est vrai, selon la remarque de Chateaubriand, que la vieillesse est la plus proche parente de la mort, elle n'implique pas nécessairement, pour celui qui a su se plier aux règles usuelles de l'Hygiène, l'apparition précoce ou rapide des lésions viscérales ou cérébrales, celle de l'athérome qui les commande. L'adage suivant lequel « l'homme ne meurt pas, il se tue » ne s'applique, fort heureusement, qu'à quelques-uns, non à tous. C'est qu'en effet le plus grand nombre des hommes cultivés obéissent, dans la conduite de leur existence, aux lois prudentes de la modération et de la sagesse. Et c'est là encore une explication de l'immunité relative dont ils bénéficient dans leur âge avancé.

Le cerveau et la raison qu'il dirige, remplissent une fonction non douteuse dans la conservation de l'individu. Ils commandent à ses actes conscients, ils régularisent ses instincts, ils en disciplinent l'expansion. Ils le préservent ainsi, pendant une durée plus ou moins prolongée, des symptômes morbides graves qui viennent troubler la vieillesse.

Ici se place une remarque. Le fonctionnement normal de l'organisme et l'ensemble des phénomènes physico-chimiques qui le régissent, entraînent des conséquences multiples parmi lesquelles prend place une sorte d'em-

poisonnement continu par les nombreux déchets résultant de l'assimilation et de la désassimilation des éléments cellulaires. Chimiquement très divers, ces résidus du métabolisme vital sont, chez le sujet sain, entièrement détruits ou éliminés. Mais ce processus défensif, subordonné à l'intégrité des organes, devient tôt ou tard déficient sous l'influence de l'âge ou de la maladie. Dès lors, ces poisons s'accumulent lentement ou rapidement dans le sang, et c'est à ce moment qu'intervient l'échéance obligée de la sénescence et de la mort.

D'autres facteurs importants participent, il va sans dire, à cette évolution, parmi lesquels la régression de certaines sécrétions hormonales, l'hérédité, enfin les maladies infectieuses — beaucoup moins fréquentes, il est vrai, à l'âge avancé que dans la jeunesse — et qui apportent avec elles leur contingent de poisons spécifiques et nocifs.

Le rôle de l'intoxication, comme élément de déséquilibre et de mort, est révélé d'une manière inattendue par les belles expériences de notre Collègue Carrel sur la culture artificielle des tissus. Soumises à une nutrition rationnelle, les cellules ainsi cultivées vivent d'une existence quasi indéfinie. Elles se reproduisent. Elles ignorent la maladie. Elles ne vieillissent pas. Elles ne meurent pas. Mais cet ensemble de résultats merveilleux n'est réalisé qu'à la condition de les mettre à l'abri des germes et d'observer, à leur endroit, les règles d'une hygiène très stricte, en les débarrassant des substances toxiques qu'elles sécrètent par exosmose et qui, accumulées, détermineraient la mort.

Quel enseignement fructueux, quelle leçon éloquente sont donnés à l'homme par une humble cellule animale dépourvue de pensée !

La souffrance et la maladie ne sont pas, en effet, du moins sous leur expression la plus grave, les compagnes constantes et obligées de la vieillesse. Elles ne dominent souvent, d'une manière précoce, la phase ultime de la vie que lorsque l'homme lui-même, dédaigneux des conseils de la Médecine, les a sollicitées par son ignorance ou par ses imprudences voulues. Car il n'a pas seulement le devoir de ménager ses appareils épurateurs. Il lui faut encore se libérer de dangereuses pratiques, obéir aux règles de l'hygiène et de la tempérance, en un mot se garder d'introduire dans son organisme tout ce qui peut être pour lui une cause d'empoisonnement exogène : sinon la sclérose artérielle et ses conséquences en sont la rançon rapide et inévitable.

Envisagée avec sérénité, la vieillesse n'est pas l'inertie obligée pour celui qui consent à s'y adapter et à subordonner ses efforts à ses facultés.

Elle ne l'est pas davantage pour qui se livre à ce qui fait encore, en cette période tardive de l'existence, le charme de la vie : l'étude, le travail, la méditation sur l'inconnu; pour celui qui veut se rendre utile à son pays et à la Science.

L'effort apporte avec lui le sentiment de l'indépendance.

L'Homme ne vieillit pas tant qu'il demeure illuminé par le flambeau de la pensée. L'âge confère, d'ailleurs, d'autres privilèges : le calme qui succède à la phase tumultueuse de la jeunesse, l'équilibre du jugement, l'indulgence qui tempère les sursauts parfois dangereux de nos actes et de nos paroles, une expérience plus sûre, enfin, parce qu'elle s'est consolidée par le long usage de la vie.

L'être humain n'est pas un simple agrégat de matériaux organiques. Cet ensemble aussi complexe, aussi harmonieux qu'il soit dans son architecture, est dominé par la pensée qui l'anime, par la raison qui le dirige, par la morale qui l'ennoblit. Ainsi l'homme se distingue de ses frères inférieurs. Il se différencie de la cellule vivante née du génie de Carrel.

A l'encontre des Membres qui la composent et plus favorisée que chacun d'eux, l'Académie des Sciences ignore la loi du temps. En dépit de sa très longue existence qui compte près de trois siècles, notre Compagnie bénéficie, avec ses congénères de l'Institut, du privilège de se survivre par le jeu régulier de son renouvellement. Ancien ou nouveau, chacun de ceux qui sont admis à l'honneur d'en faire partie lui communique une vitalité continue. C'est pourquoi elle ne cesse d'attester, dans ses assises, la grandeur philosophique de la Science.

La Science, c'est la Vérité : l'Académie est l'ouvrière immanente de l'une et de l'autre.

Notre assemblée se manifeste comme un foyer lumineux de volonté et de labeur. Elle se classe au premier rang des institutions qui ont semé à pleines mains, dans tous les domaines qui lui sont propres, les idées neuves, suggestives des découvertes, et les découvertes, créatrices de civilisation et de progrès!

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1940.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, E. Borel, H. Lebesgue, H. Villat, G. Julia, P. Montel; É. Cartan, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lucien Godeaux**, professeur à l'Université de Liége, pour l'ensemble de ses travaux géométriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, H. Villat, G. Julia, P. Montel; É. Cartan, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Ehresmann**, maître de conférences de l'Université de Strasbourg, pour ses travaux de géométrie et de topologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Béghin**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot; É. Jouguet, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Mauzin**, ingénieur à la Société nationale des chemins de fer, pour ses travaux sur l'application du quartz piézoélectrique à l'étude du mouvement des locomotives.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **C. Jacob**, professeur à l'École polytechnique de Bucarest, pour ses travaux sur les fluides compressibles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Bertaud**, assistant à l'Observatoire de Paris-Meudon, pour l'ensemble de ses travaux d'astronomie stellaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feue **Jeanne Clavier**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur la Carte photographique du Ciel.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLE JANSSEN.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, G. Fayet, B. Lyot; J. Chazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner la médaille à M. **Harlow Shapley**, directeur de l'Observatoire de Harvard College, pour ses recherches de photométrie, de spectroscopie et ses travaux d'exploration de l'Univers stellaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERRE GUZMAN.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

— un prix de 12000fr à M. **Fernand Baldet**, astronome titulaire à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur les comètes;

— un prix de 3000fr à M. **Eugène Antoniadi**, attaché à l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux sur l'étude physique des planètes.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon; R. Bourgeois, A. Chevalier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner deux prix de 1500fr :

— à M. **Henri Jacques-Félix**, assistant des Laboratoires de l'agriculture aux Colonies, en mission au Cameroun, pour ses explorations botaniques en Afrique tropicale;

— à M. **Henri Onde**, agrégé d'histoire et de géographie, professeur au lycée d'Annecy, pour ses ouvrages sur *La Maurienne et la Tarentaise. Étude de géographie physique*, et *L'homme et la nature intraalpine. Particularités du paysage végétal et agricole en Maurienne et en Tarentaise.*

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

NAVIGATION.

PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, L. Lecornu, R. Bourgeois, É. Borel, G. Perrier, C. Fabry, J. Drach, É. Jouguet, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, É. G. Barrillon, N... ; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Guilloton**, ingénieur de l'Institut polytechnique de l'Ouest, pour ses travaux sur la résistance des navires à la marche.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIQUE.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, M. Brillouin, J. Perrin, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin, N... ; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Cabannes**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin, N... ; C. Fabry, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges-Albert Boutry**, directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire national

des arts et métiers, pour ses recherches sur les méthodes de mesures et particulièrement sur les cellules photoélectriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, A. de Gramont, P. Langevin, N... ; C. Fabry, rapporteur.)

M. **Marcel Laporte** s'est fait connaître par d'importantes recherches sur le passage de l'électricité à travers les gaz, sujet qui a donné lieu à un nombre immense de travaux. Après avoir fait, par des méthodes originales, des mesures sur la mobilité des ions, M. Laporte s'est surtout attaché à la production de la lumière dans les gaz, étudiant cette importante question du point de vue photométrique, pour l'utilisation pratique de la luminescence des gaz.

M. Laporte a résumé l'état actuel de nos connaissances dans un excellent petit livre, publié dans la collection Armand Colin, sous le titre : *Décharge électrique dans les gaz*.

Pour cet ensemble de travaux, et en particulier pour la publication de ce livre, la Commission propose d'attribuer le prix François Hébert à M. Marcel Laporte, professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Ém. Picard, M. Brillouin, A. Cotton, M. de Broglie, C. Fabry, A. de Gramont, P. Langevin, N... ; J. Perrin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M^lle **Nine Choucroun**, maître de recherches à la Caisse nationale de la recherche scientifique, pour ses travaux sur l'électrophorèse et ses applications à la biologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CLÉMENT-FÉLIX.

(Commissaires : MM. É. Picard, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont; P. Langevin, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Pierre Biquard**, chef de travaux à l'École de physique et de chimie, pour la continuation de ses travaux sur la piézoélectricité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION DU GÉNÉRAL FERRIÉ.

(Commissaires : MM. É. Picard, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, A. de Gramont; P. Langevin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Pierre Lejay**, correspondant de l'Académie des sciences, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, pour ses travaux sur la radioélectricité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CHIMIE.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

— un prix de 2.500fr à M. **Raymond Delaby**, professeur à la Faculté de pharmacie de Paris, chef du Service d'Inspection des Établissements

dangereux, insalubres et incommodes à la Préfecture de Police, pour ses recherches intéressant l'hygiène industrielle (étude des inconvénients ou dangers d'industries nouvelles ainsi que les moyens d'y remédier) et la défense passive (détection des produits agressifs);

— une mention honorable de 1.500fr est accordée à M. **Louis de Saint-Rat**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, inspecteur des établissements dangereux, insalubres et incommodes à la Préfecture de Police, pour ses études et son rôle dans la surveillance des établissements classés.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner :

— un prix de 5000fr à M. **Charles Courtot**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux de chimie organique;

— un prix de 2500fr à M. **Max Mousseron**, professeur à la Faculté de pharmacie de Montpellier, pour ses travaux de chimie organique;

— un prix de 2500fr à M. **Jacques Rabaté**, directeur du Laboratoire de physique végétale au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux de chimie végétale.

M. Charles Courtot fut d'abord l'élève d'Edmond Blaise, à Nancy. Ses premières recherches, avec son Maître, portèrent sur la chimie délicate des acides diméthylvinylacétiques et des éthers β-alcoyloxypivaliques; on observe des migrations qu'il faut élucider. Puis M. Courtot reprit, pour sa part, l'étude méthodique de la déshydratation des éthers et des acides β-alcoyloxypivaliques; ces combinaisons, deux fois substituées en α, subissent forcément leur déshydratation en $\beta - \gamma$. De leurs dérivés dibromés on obtient des bromo-lactones et des alcools allyliques bisubstitués en α dont la constitution fut parfaitement démontrée.

Plus tard, Grignard étant venu à Nancy, M. Courtot participa avec lui à divers travaux sur les magnésiens, notamment sur les organo-magnésiens

de l'acétylène, de l'indène, du fluorène; ces travaux firent ressortir le caractère acide d'un atome d'hydrogène de ces carbures et mirent entre leurs mains de nouveaux organo-magnésiens fort intéressants. Avec Bellet et Grignard, il étudia l'action du cyanogène et de ses dérivés sur les organo-magnésiens.

Revenant personnellement sur les magnésiens obtenus par l'action du bromure d'éthyle-magnésium sur les carbures à hydrogène labile, cyclopentadiène, indène, fluorène, M. Courtot en a tiré de multiples dérivés : fulvanols secondaires et primaires, fulvènes, etc. Ces derniers sont des carbures colorés à multiples liaisons doubles; leur constitution a fait l'objet d'une étude très poussée.

Devenu professeur à Nancy, M. Courtot a donné une grande activité à son laboratoire et y a formé, à son tour, des élèves. Des travaux multiples, développant les études sur le fluorène et l'indène résultèrent de cette collaboration. Une nouvelle orientation des recherches de M. Courtot et de ses élèves a enfin apporté une importante contribution à l'étude du sulfure, puis, plus récemment, du séléniure de diphénylène.

Ajoutons que c'est à son collaborateur Courtot que Grignard avait confié une publication : *Le Magnésium en Chimie organique*, qui fait honneur à la fois au Maître et au disciple.

Après divers travaux de pharmacie chimique ou galénique, de chimie analytique et biologique, auxquels on doit ajouter une étude (avec M. Gravier) de l'alun de sodium dont il a délimité le domaine d'existence, M. Mousseron s'est tourné vers la chimie organique, au laboratoire de Godchot.

Avec son Maître, il a étudié principalement la phénazine, les diméthyl- et tétraméthylpipérazines et les tétraméthylène- et bis-trétaméthylène-pipérazines stéréoisomères et participé à de nombreux dédoublements d'amino-cyclanols ou C^5, C^6, C^7 et C^8, ainsi que du *trans*-cycloheptane-diol-1.2. Les dérivés mono ou diaminés traités par l'acide azoteux donnent souvent des transpositions qui ont été étudiées à fond; il y a fréquemment des modifications de cycles qui ont été vérifiées.

Après la disparition de Godchot, M. Mousseron (souvent avec M. Granger) a continué ces études et les a enrichies de recherches sur des carbures, des alcools alicycliques, éthyléniques ou saturés (actifs le plus souvent), sur leurs dérivés chlorés plus ou moins substitués et sur les époxydes correspondants obtenus par déshalogénation. Il a étudié aussi les

acides cyclohexène et cyclohexane-carboniques, les alcools et les aldéhydes correspondants, ainsi que les acides méthylcyclopentane-carboniques *cis* et *trans*, etc. La plupart, pris sous leurs formes actives, donnent lieu à des comparaisons instructives. Tous ces travaux constituent une contribution importante à la connaissance de nombreux dérivés cyclaniques.

M. Jacques Rabaté est un élève des plus distingués de feu Bridel; son premier travail, en collaboration avec son Maître et M. Charaux, a porté sur l'améliaroside, nouveau glucoside de l'écorce de l'*Amelanchier vulgaris*; il fut reconnu peu après que ce glucoside était en réalité la picéine (picéoside) de Ch. Tanret. La disparition prématurée de M. Bridel, la suppression de sa chaire, ne modifièrent pas l'élan de M. Rabaté qui dut alors, à lui seul, soutenir la réputation du Laboratoire dont il a conservé la direction. C'est ainsi qu'il continua des études fort intéressantes sur les principes végétaux, les glucosides et leurs ferments. On lui doit des contributions importantes relatives aux glucosides (hétérosides) des *Salix* les plus divers : *cinerea*, *nigricans*, *repens*, *purpurea* et sur les ferments qui les accompagnent; sur les fruits de *Sophora japonica*, sur la *Gaultheria procumbens*, sur l'*Orobus tuberosus*, etc. Dans nombre de ces recherches, il s'agit souvent de glucosides nouveaux dont M. Rabaté, seul ou avec des collaborateurs qu'il a su grouper autour de lui, a élucidé la constitution. Il s'est ainsi montré le digne continuateur de l'œuvre de Bridel et, à travers ce dernier, de Bourquelot. Parmi les principes inattendus de ses investigations, signalons la présence de l'acide tartrique gauche dans les feuilles et les fruits de *Bauhinia reticulata*; on n'avait jamais auparavant signalé l'acide gauche chez les végétaux. En M. Rabaté, la Commission a désiré récompenser de fructueux efforts dans le domaine spécial des principes immédiats.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, M. Tiffeneau; P. Lebeau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Chaudron**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de chimie minérale.

Les premières recherches de M. Chaudron ont eu pour objet une étude fort étendue des équilibres de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone avec les oxydes de fer. On sait combien ces équilibres jouent un rôle important dans la métallurgie du fer et dans un grand nombre de procédés industriels. Grâce à l'application de l'analyse interférentielle des mélanges gazeux, l'ensemble du problème a pu être complètement traité, et les diagrammes représentatifs des résultats obtenus sont du domaine classique.

Au cours de ce travail, M. Chaudron a découvert l'intéressante propriété que possède le protoxyde de fer, de se détruire au-dessous de 570° avec production d'oxyde Fe^3O^4 et de fer. Il fut ainsi encouragé à faire un examen approfondi des divers oxydes du fer.

Par l'emploi de l'analyse thermique et l'introduction, pour la première fois en chimie minérale, de l'analyse thermomagnétique, d'autres faits nouveaux remarquables ont pu être observés, parmi lesquels la constatation d'une anomalie réversible présentée par le sesquioxyde de fer à 675°, anomalie liée à la perte du ferromagnétisme.

Nous signalerons encore, dans cette partie féconde de l'œuvre de M. Chaudron, les précisions acquises sur les propriétés des systèmes du type Fe^2O^3-MO et sur les combinaisons définies appelées ferrites, ainsi qu'une étude cinétique de la décomposition du protoxyde de fer.

Les phénomènes de corrosion, dont la connaissance est d'une importance capitale pour les utilisations industrielles des métaux et alliages, ont suscité, depuis une vingtaine d'années, de nombreuses recherches. Dans ce domaine, M. Chaudron a fourni une contribution de premier plan. Il a notamment prouvé que les phénomènes de corrosion des métaux ne diffèrent pas essentiellement des réactions chimiques ordinaires, qu'il n'existe pas de lois particulières à l'attaque des métaux et que, très souvent, il y a intervention de la conductibilité électrique, caractéristique de l'état métallique. Il a reconnu que des inexactitudes se rencontraient fréquemment dans l'énoncé des propriétés des métaux et alliages, en raison de l'insuffisance de leur pureté. Il fut ainsi conduit à mettre au point la préparation de quelques métaux purs et spécialement celle du magnésium, métal qu'il réussit à obtenir en lingots compacts, entièrement débarrassés des inclusions d'oxydes et de chlorures. A partir de ce corps pur, il prépara des alliages magnésium et aluminium, alliages légers résistant assez bien à la corrosion.

Parmi les impuretés des métaux et alliages, il convient de comprendre les gaz, tels que l'hydrogène, l'oxyde de carbone, l'azote, etc., qui s'y

trouvent retenus pour diverses causes. M. Chaudron a imaginé une méthode permettant l'extraction complète à froid des gaz d'un échantillon placé dans le vide. Pour cela, le métal est bombardé, dans des conditions précises, par des électrons, et les gaz libérés sont recueillis à l'aide d'une trompe à mercure. Avec ce procédé, on conserve, hors d'équilibre, les réseaux métalliques modifiés par l'insertion des gaz et l'on sépare le rôle de ces derniers de celui de l'arrangement du réseau. M. Chaudron et ses collaborateurs ont pu appliquer cette technique originale à un très grand nombre de questions, parmi lesquelles celle concernant la diffusion des gaz dans les métaux, et celles ayant pour objet de déterminer l'influence des gaz sur la conductibilité électrique des métaux et alliages, et sur la dureté des métaux électrolytiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, M. Tiffeneau; P. Lebeau, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Georges Petit**, docteur ès sciences physiques, pharmacien, pour ses travaux sur la scission des molécules organominérales sous l'influence de divers réactifs.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, M. Tiffeneau; P. Lebeau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Portevin**, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, pour l'ensemble de ses recherches qui se rapportent presque exclusivement à l'étude des propriétés des métaux et de leurs alliages, recherches qui lui ont conféré une compétence incontestée dans ce domaine. Leur exécution a toujours été réalisée avec le souci constant de n'utiliser que des méthodes de mesures parfaitement adaptées, qu'elles soient originales ou ingénieu-

sement perfectionnées. Il s'est attaché notamment à faire ressortir les relations existant entre les propriétés des métaux et alliages et leur structure, et cela en faisant appel aux méthodes les plus modernes de la métallographie et aux procédés d'analyse physicochimique. Il a pu ainsi récolter une précieuse et abondante moisson de faits nouveaux, lui permettant, en quelque sorte, de jalonner les processus des différentes transformations s'accomplissant au cours du traitement thermique des corps métalliques. Cette partie scientifique a, le plus souvent, été suivie de tentatives d'applications dont les heureux résultats se sont maintes fois manifestés.

Il est impossible de résumer, aussi brièvement que cela est imposé dans un tel rapport, l'œuvre de M. Portevin. Plus de 350 Mémoires ont été publiés, dont 100 Notes aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, et l'on est obligé de s'en tenir à une énumération de ce qui en constitue les principaux Chapitres.

Nos connaissances sur les diagrammes d'équilibre se sont étendues par ses soins aux diagrammes des systèmes Bi-Cd, Bi-Cu, Bi-Ni, Ni-Pb, Mg-Al-Cu, Mg-Cu-Si, Fe-C, Fe-N, dont quelques-uns ont été révisés et d'autres donnés pour la première fois.

Après une mise au point de l'analyse dilatométrique quantitative, M. Portevin en a fait l'application aux aciers, aux alliages légers, aux fontes, aux minéraux, aux roches et à divers produits industriels. Il l'a utilisée, concurremment avec les déterminations de résistivité et de thermoélectricité, au contrôle de certaines opérations thermiques.

La comparaison des structures les plus variées rencontrées dans les métaux et les alliages lui a permis d'établir une classification générale des structures micrographiques, et en particulier des structures eutectiques.

Il convient de signaler également la caractérisation des inclusions des aciers et l'influence de ces inclusions sur le polissage et dans les phénomènes de corrosion.

M. Portevin s'est livré à un examen approfondi des modifications survenant dans les métaux sous l'influence des traitements thermiques, à savoir modifications physicochimiques, modifications structurales, modifications banales telles que les déformations et fissurations réticulaires, etc. On lui doit encore une étude très poussée de la décomposition de l'austénite, à laquelle se relie celle du revenu des aciers hypertrempés (austénite) et trempés (martensite). C'est pendant l'exécution de ces derniers travaux qu'il a découvert un nouveau type d'alliage léger, aluminium-cuivre, alliage résistant, ne renfermant pas de magnésium.

En outre, M. Portevin a étudié divers facteurs intervenant dans les opérations de fusion et de solidification des métaux et alliages. Il a pu ainsi formuler, en s'appuyant sur des données précises, des principes qui s'imposent comme guide dans la fonderie.

Sa connaissance parfaite des influences thermiques sur les métaux lui a fourni le moyen de définir les conditions favorables pour obtenir les meilleurs résultats dans les réalisations de l'industrie de la soudure autogène.

Les phénomènes de corrosion ont également retenu l'attention de M. Portevin qui a réussi, après de longues séries d'observations, à énoncer les règles générales qui doivent être suivies pour la préparation des alliages chimiques résistants. L'application même de ces règles l'a conduit à la production de deux nouveaux types d'acier résistant à la corrosion : les austénites au nickel-molybdène pour la corrosion chlorhydrique, les ferrites au chrome-zirconium pour l'oxydation à chaud.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean-Albert Gautier**, chef de travaux à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses recherches sur les α-pyridones et les α-pipéridones et pour ses divers travaux ou publications relatives à la Chimie analytique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CH.-ADAM GIRARD.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, A. Béhal, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer un prix à M. **Léon Velluz**, professeur agrégé au Val-de-Grâce, pour ses travaux de chimie organique et ses contributions à la Chimie de l'immunité.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINERALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, E. de Margerie; F. Grandjean, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raymond Hocart**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur les rayons X appliqués à la minéralogie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DEMOLOMBE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie; C. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Daniel Schnéegans**, professeur à l'École des Pétroles de Strasbourg, pour ses travaux sur les Alpes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIERES.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier, H. Colin; M. Molliard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Killian**, professeur de botanique agricole à la Faculté des sciences d'Alger, pour

ses intéressants travaux sur les rapports existant entre la composition bactériologique du sol et la végétation phanérogamique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Chevalier, H. Colin; A. Guilliermond, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **F. Bugnicourt**, ingénieur d'Agronomie coloniale, mycologue de l'Institut des Recherches agronomiques de l'Indochine, pour son Mémoire sur les genres *Fusarium* et *Cylindrocarpon* de l'Indochine, monographie importante dans laquelle l'auteur décrit 45 espèces, parmi lesquelles beaucoup sont nouvelles. Ce Mémoire, accompagné d'une superbe illustration, est destiné à rendre les plus grands services à l'agriculture de notre colonie, étant donné le rôle important que jouent ces Champignons en phytopathologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, H. Colin; A. Chevalier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. l'abbé **Paul Fournier**, docteur de l'Université de Paris, directeur du *Monde des Plantes*, pour ses ouvrages sur la Flore de France. La Flore complétive d'une part, les quatre Flores de France d'autre part.

Depuis la publication des deux grandes flores de France qui remonte à 40 et 35 ans : celle de G. Rouy d'une part, l'autre de l'abbé Coste, tous les deux lauréats de l'Académie des Sciences, aucun ouvrage de cette importance (la belle Flore illustrée de notre regretté confrère G. Bonnier répond à un autre but) n'a vu le jour.

L'élaboration des deux flores de l'abbé Fournier représente un travail considérable; elles sont d'une grande utilité pour les botanistes systématiciens de notre pays.

M. l'abbé Paul Fournier connaît aussi fort bien au point de vue botanique une partie du district que vise le Prix de La Fons Mélicocq. En 1917, il a séjourné longuement et observé la végétation au delà de Compiègne, dans les environs de Choisy-au-Bac, Longueuil, Thourotte, puis Noyon, etc. Il a séjourné à Chauny, Saint-Gobain, Villequier, Flavy-le-Martel; ensuite dans la Somme : Montdidier, Assaimvilliers; en ce dernier point il a découvert l'*Ambrosia artemisiæfolia* comme adventice. Il a herborisé à plusieurs reprises en forêt de Compiègne, à Orrouy où il a découvert *Linum angustifolium*. Ces trouvailles ont été faites au cours de l'autre guerre, quand il était combattant, et il en a encore plus de mérite.

Il a donc les plus grands titres pour que lui soit décerné le Prix de La Fons Mélicocq.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, H. Colin; A. Chevalier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henry des Abbayes**, assistant, chargé de travaux au Laboratoire de botanique de la Faculté des sciences de Rennes, pour sa thèse : *La végétation lichénique du Massif armoricain*, qui apporte des vues nouvelles intéressantes sur le comportement écologique des Lichens dans le Nord-Ouest de la France.

Dans cet ouvrage l'Auteur montre une connaissance approfondie non seulement des Lichens, mais du milieu armoricain, en général, au point de vue biologique. Sa division du massif armoricain en cinq districts s'applique aussi bien à la flore phanérogamique de Bretagne qu'à la flore lichénique.

Du reste, M. H. des Abbayes a publié également plusieurs Notes intéressant les phanérogames de Bretagne, notamment sur les plantes adventices, sur la cytologie du Narcisse des Glénans, une des raretés de la flore bretonne.

Connaissant aussi les Lépidoptères de sa province natale, il est un naturaliste au sens complet du mot, et le prix de Coincy récompense l'ensemble des travaux de ce chercheur.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ECONOMIE RURALE.

PRIX NICOLAS ZVORIKINE.

(Commissaires : MM. P. Marchal, E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, G. Moussu, M. Javillier; É. Schribaux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Bussard**, directeur honoraire de la Station d'essais de semences, pour ses traités de culture potagère et maraîchère, d'arboriculture fruitière et d'agriculture générale.

De nombreuses conférences publiques et des articles plus nombreux encore révèlent le souci constant de M. Bussard d'améliorer les conditions d'existence des plus modestes cultivateurs.

Au Laboratoire de la Station d'essais de semences, comme en plein champ, M. Bussard a étudié les semences horticoles sous leurs multiples aspects, et a contribué à rendre le commerce de celles-ci plus moral et plus rationnel.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, É. Roubaud, P. Wintrebert; C. Pérez, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Grassé**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre zoologique.

Ce jeune savant a consacré une série de Mémoires aux différenciations cytoplasmiques des Flagellés et établi une homologie très suggestive entre la structure de ces Protistes et celle du spermatozoïde des Métazoaires. Il a, d'autre part, porté ses investigations sur les Flagellés si hautement spécialisés qu'héberge l'intestin des Termites et a consacré trois fructueuses expéditions en Afrique équatoriale à recueillir sur place le matériel vivant nécessaire à ses observations et à ses expériences. Il a été ainsi naturellement conduit à l'étude des Termites eux-mêmes : ses recherches récentes sur la transmission des Protozoaires symbiotiques, sur les sexués complémentaires, le déterminisme des castes, le comportement des soldats, la culture des champignons des Termites, etc., sont riches de résultats intéressants.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Pérez, P. Wintrebert; É. Roubaud, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Georges Bouet**, administrateur en chef des Colonies, membre de l'Académie des Sciences Coloniales, pour ses recherches sur les Cigognes blanches de l'Afrique du Nord et les problèmes de leurs migrations.

M. Georges Bouet a effectué, de 1934 à 1939, en Afrique du Nord, une suite d'enquêtes sur les peuplements de cigognes de la Tunisie au Maroc. Il a tout d'abord étudié leurs conditions d'alimentation et de stationnement, les rapports de ces oiseaux avec certains éléments de la faune invertébrée locale tels que les Sauterelles, afin de rechercher notamment si l'emploi des appâts toxiques, utilisés sur une large échelle en Algérie et au Maroc contre les Acridiens migrateurs, n'était pas susceptible de provoquer une diminution appréciable dans le nombre des Cigognes nidifiant au nord de l'Afrique.

Par des recensements systématiques, il a pu chiffrer l'importance actuelle des peuplements de ces Oiseaux dans les différentes régions de nos territoires Nord-africains : sur un ensemble global de 62000 Cigognes dénombrées, 48500 environ s'arrêtent pour nidifier au Maroc, 13000 en Algérie et 200 en Tunisie.

Le problème, à peu près totalement inabordé jusqu'alors, des voies de migration suivies par ces Oiseaux nord-africains, a retenu plus particulièrement l'attention de M. Bouet. On sait que les représentants de l'espèce nidifiant dans le nord de l'Europe émigrent pour hiverner, chaque année, vers le Sud, suivant une voie qui, par l'Asie-Mineure, l'Égypte, la Vallée du Nil, atteint l'est et le sud de l'Afrique. Mais on ignore encore le trajet parcouru par les Cigognes nidifiant en Afrique du Nord et leurs rapports possibles avec les bandes qui empruntent la voie de la Syrie et de l'Égypte. Afin de permettre la solution de ces problèmes, M. Bouet a réalisé le marquage, par bagues métalliques numérotées, de 2375 cigogneaux d'Algérie et du Maroc. Plusieurs des oiseaux bagués ont déjà été retrouvés, dont l'un à plus de 1500 kilomètres du point de départ.

M. G. Bouet a déjà pu conclure de ses observations que les Cigognes nichant en Afrique du Nord traversent le Sahara suivant deux voies principales convergeant au Hoggar, l'une (Oued Guir) parcourue par les oiseaux du Maroc et de l'Oranie, l'autre (Igarghar) par ceux d'Algérie-Tunisie.

Dans leur ensemble, les travaux de M. Bouet constituent d'utiles jalons pour la solution ultérieure de divers problèmes de biologie et de faunistique liés à la vie des Cigognes. Ces problèmes intéressent non seulement l'Afrique du Nord, mais les régions circumvoisines, notamment l'Égypte et la Syrie. Ils entrent donc pleinement dans le cadre des recherches susceptibles d'être distinguées par la Fondation Savigny.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN THORE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, Ch. Pérez, É. Roubaud, P. Wintrebert; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean-Jacques Bounhiol**, assistant à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses recherches sur le développement et les mues des Lépidoptères qu'il a exposées dans l'Ouvrage intitulé : *Recherches expérimentales sur le déterminisme de la métamorphose chez les Lépidoptères*.

L'ouvrage de M. Bounhiol, que la Commission propose de récompenser par le prix Thore, et qui lui a servi de thèse de doctorat, apporte un

ensemble important d'expériences et de faits sur le développement des Lépidoptères et constitue une contribution des plus intéressantes à la physiologie du développement des Insectes en général. L'auteur y a fait preuve d'une grande habileté opératoire et de beaucoup de sagacité et d'ingéniosité dans la conception des expériences. En particulier, le rôle du système nerveux et celui des *corpora allata* dans la préparation de la métamorphose s'en trouve notablement éclairci. Ce travail correspond aux tendances les plus modernes de la biologie expérimentale en ce qui concerne les Insectes et comme tel mérite d'être distingué par l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, J.-L. Faure, Ch. Pérez, E. Sergent; L. Lapicque, A. Gosset, P. Portier, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner trois prix de 2500^{fr} :

— à MM. **Léon Binet**, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine de Paris, **Moïse Strumza** et M^{lle} **Madeleine Bochet**, assistants à cette Faculté, pour leur ouvrage intitulé : *L'anoxémie. Ses effets. Son traitement. L'oxygénothérapie*;

— à MM. **Georges Jeannéney**, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux, et **Guy Ringenbach**, interne des hôpitaux de Bordeaux, pour leur *Traité de la transfusion sanguine*;

— à M. **Jean Roche**, professeur à la Faculté mixte de médecine générale et coloniale et de pharmacie de Marseille, pour ses travaux relatifs à la biochimie normale et pathologique de l'ossification et ses fractures.

Rapport de M. P. PORTIER *sur l'ouvrage de MM.* **LÉON BINET, MOÏSE STRUMZA** *et M*lle **MADELEINE BOCHET**, *intitulé* L'anoxémie. Ses effets. Son traitement. L'oxygénothérapie.

M. Léon Binet, Mlle Madeleine Bochet et M. M. Strumza ont fait une étude méthodique de l'anoxémie et de son traitement par l'oxygénothérapie.

Les auteurs ont aussi étudié le mécanisme de l'acapnie et montré que la mort dépend seulement de l'anoxie.

Ils étudient les facteurs qui font varier la durée de la résistance à l'anoxémie aiguë et soulignent les effets favorables obtenus par l'administration d'éphédrine.

Les auteurs décrivent enfin des appareils nouveaux bien conçus.

Ce travail fait donc nettement progresser une question importante et déjà beaucoup travaillée.

Rapport de M. A. GOSSET *sur l'ouvrage de MM.* **GEORGES JEANNENEY** *et* **GUY RINGENBACH**, *intitulé* Traité de la transfusion sanguine.

Le livre de MM. **GEORGES JEANNENEY** et **GUY RINGENBACH** constitue une contribution de haute valeur à la question si importante de la transfusion sanguine. Les auteurs y étudient — avec les ressources que fournissent les différentes sciences, y compris la biophysique — les multiples aspects du problème de la transfusion, et plus particulièrement le problème du sang conservé.

Rapport de M. L. LAPICQUE *sur les travaux de M.* **JEAN ROCHE**.

M. **JEAN ROCHE**, professeur à la Faculté de médecine de Marseille, a publié au cours de ces huit dernières années sur la biochimie normale et pathologique de l'ossification 20 mémoires dont l'ensemble constitue une œuvre remarquable mettant au jour des faits d'un intérêt exceptionnel.

Le résultat dominant est une loi de physiologie générale inattendue : le système osseux évolue, non seulement pendant la croissance, mais pendant toute la vie, suivant un processus biochimique qui en affecte l'ensemble; ainsi la fracture d'un os et la formation du cal de consolidation retentit synchroniquement sur tout le squelette. La formation ou la

mobilisation des réserves calcaires sont sous la dépendance de mécanismes régulateurs généraux dont l'hormone parathyroïdienne et la vitamine D sont des éléments importants.

M. Roche a bénéficié de diverses collaborations, mais, sauf celle de M. Policard, concernant un aspect spécial de la question, à savoir la coordination des données histologiques et biochimiques, ce sont des collaborations d'élèves laissant pleinement subsister le caractère personnel du travail.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier, E. Sergent; Ch. Achard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **François Rathery**, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Néphropathies et Néphrites. Leçons cliniques*.

Dans ce volume de leçons cliniques sur des questions encore discutées de pathologie rénale, l'auteur apporte de nombreuses recherches personnelles, à propos des observations cliniques qui font l'objet de ces leçons, notamment sur les relations de l'hypertension artérielle avec les néphrites, sur la pathogénie des œdèmes, les éliminations chlorurées, les troubles humoraux du diabète rénal.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier, E. Sergent; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Christian Champy**, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur la gelure des pieds et le rôle de la carence B, dans cette affection.

Dans des expériences poursuivies avec la collaboration de MM. Giraud

et Coujard sur les Oiseaux, l'auteur montre que les symptômes ainsi que les lésions anatomiques de cette affection se produisent sûrement si l'on combine le refroidissement local avec la carence en vitamine B_1 ou vitamine antinévritique. Dans la carence seule, la névrite localisée aux extrémités inférieures n'apparaît qu'avec les manifestations nerveuses générales beaucoup plus tard. Si la vitamine est abondante, le refroidissement seul ne produit ni névrite ni les autres manifestations de la gelure. D'autre part, la répartition, en apparence capricieuse de cette affection dans les troupes, paraît liée aux conditions alimentaires variables d'une unité à une autre. L'intérêt pratique du travail de M. Champy est évident.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier, E. Sergent; Ch. Achard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à MM. **André Hovelacque**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, et **Jean Turchini**, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, pour leur ouvrage intitulé : *Anatomie et histologie de l'appareil urinaire et de l'appareil génital de l'homme.*

Importante monographie, très détaillée et illustrée de nombreuses figures. Elle comprend une partie d'anatomie descriptive et une partie d'histologie et d'embryologie.

De nombreuses recherches personnelles trouvent place dans cette description, notamment en ce qui concerne l'histologie du rein et la physiologie de l'excrétion urinaire, sujet dont M. Turchini poursuit depuis de nombreuses années l'étude.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Fleuret**, vétérinaire, pour l'ensemble de mémoires dactylographiés sur le Problème

de la gélification et son application à la pratique des conserves de viande dans l'Armée.

Il étudie le phénomène de l'électrolyse dans les boîtes de conserve, les causes de leur bombement et conclut pratiquement au stockage de ces boîtes dans des locaux isothermes à 15°; ou à la modification de la réaction du milieu qui, de légèrement acide, doit être porté au pH 7 par adjonction de soude; ou à la gélification du milieu par adjonction de 1 % de gélose.

Ces problèmes sont en relation avec la valeur alimentaire de la viande de conserve et avec la destruction des vitamines. Les boîtes bombées sont les moins nutritives.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Célestin Sieur**, médecin général inspecteur, pour son mémoire sur le *Service de Santé pendant la guerre de* 1914-1918.

Pendant celle-ci, M. Sieur a rempli des fonctions importantes dans les armées mobilisées. Il expose et critique l'organisation initiale du Service de santé et nous expose, avec les progrès qu'a suivis bientôt celle-ci, les résultats de sa grande expérience dans les domaines de l'organisation générale et des mesures pratiques que commande une guerre.

Tout ce qui concerne le transport et l'hospitalisation des blessés, leur traitement, celui des malades, la lutte contre les maladies infectieuses, leur prophylaxie, l'administration générale du service sanitaire, les résultats très instructifs obtenus, est développé avec une compétence indiscutable et présente, pour la période actuelle, des enseignements très utiles.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DAGNAN-BOUVERET.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, C. Pérez, P. Portier, E. Sergent; Ch. Achard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Marcel Lisbonne**, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux relatifs à la fièvre ondulante.

Le Dr Lisbonne a fait de l'Institut Bertrand-Bouisson, dont il est directeur, un centre très actif d'études sur les brucelloses. Avec ses collaborateurs, il a étudié dans le détail les divers types microbiens des Brucella et leur différenciation dans les infections qu'ils déterminent. Il a fait des recherches sur les animaux réservoirs de virus et mis au point les procédés d'immunisation les plus propres à empêcher le développement de ces infections qui sont une menace grave tant pour l'homme que pour les animaux.

Ces recherches, pleines d'intérêt théorique, comportent aussi des résultats fort importants en ce qui concerne l'Hygiène publique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, Ch. Pérez, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Dario Acevedo**, professeur de Physiologie humaine à la Faculté de médecine et de physiologie générale à la Faculté des sciences de Lima, auteur d'intéressants travaux de Pharmacodynamie.

En 1930, à l'occasion d'un fait paradoxal observé par lui relativement

à l'action de l'ion brome sur l'excitabilité réflexe, M. Dario Acevedo a formulé, sur les relations de l'encéphale et de la moelle, une théorie hardie qui, ultérieurement, a été vérifiée expérimentalement par divers auteurs et qui prend une importance de plus en plus grande.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX L. LA CAZE.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, Ch. Pérez, P. Portier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henry Cardot**, professeur de Physiologie générale et comparée à la Falculté des sciences de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux.

M. Henry Cardot est un maître encore jeune qui jouit, en France et à l'Étranger, d'une estime incontestée. Élève de Dastre, puis de Richet, il a consacré plusieurs années d'un travail assidu et perspicace à l'étude de l'excitation électrique en général; on lui doit la démonstration la plus directe de la *loi polaire*, posée depuis longtemps par Pflüger, mais établie seulement jusque-là sur des inductions plus ou moins discutables; en collaboration avec M. Henri Laugier, il a apporté de nouveaux et curieux documents expérimentaux à la question difficile de l'*excitation d'ouverture*, et, d'autre part, fait connaître le *réflexe linguo-maxillaire* qui, présentant un intérêt particulier, a été utilisé par divers auteurs pour l'analyse du mécanisme nerveux.

Le ferment lactique lui a servi d'objet pour des recherches très fines sur l'accommodation aux poisons.

Naturaliste en même temps qu'expérimentateur, il a de bonne heure compris les Invertébrés dans le champ de ses investigations; le cœur des Mollusques est devenu un de ses objets préférés; il en a étudié particulièrement les manifestations électriques et en a tiré des éclaircissements théoriques relatifs à l'électrocardiogramme en général. Depuis qu'il occupe la chaire de Lyon, il a donné une activité remarquable au laboratoire maritime de Tamaris, où il reçoit, chaque année, de nombreux chercheurs; divers Collègues étrangers en sont les hôtes assidus. Ses élèves, qui lui sont attachés par l'amitié autant que par le respect, commencent à occuper des situations importantes dans la Physiologie française.

Bref, sans que son activité personnelle se soit ralentie, M. Henry Cardot est aujourd'hui un chef d'école.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez; P. Portier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Giaja**, professeur à l'Université de Belgrade, auteur d'une série de travaux sur la chaleur animale et la thermorégulation.

M. Jean Giaja a débuté par des recherches sur la physiologie comparée de la digestion. Mais son œuvre principale a trait à des questions se rapportant à la chaleur animale et à la thermorégulation : température critique inférieure, température de neutralité thermique, signification de la loi des surfaces, métabolisme du sommet, atteinte du mécanisme régulateur de l'homoéthermie sous l'influence combinée d'une baisse de température et de la dépression atmosphérique, etc.

M. Giaja a donc réalisé une œuvre très importante de physiologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. É. Picard, L. Lecornu, É. Borel, H. Lebesgue, J. Drach, É. Cartan; Ch. Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2000^{fr} à M. **Wladimir Frolow**, boursier de la Caisse nationale de la recherche scientifique, pour ses travaux de statistique hydrographique.

M. Frolow a utilisé les données statistiques des niveaux des lacs, fleuves et sources souterraines pour en extraire, par la méthode d'analyse

de H. Labrouste, les composantes périodiques sinusoïdales élémentaires. Les analyses ont porté sur le Niger, le Mississipi, le Nil, les fleuves d'Argentine, le Danube, la Seine, la Garonne, le Rhône, sur les lacs Ontario, Baïkal, Qaroun (Egypte), sur les sources de l'Oronte et d'Aïn Reboula (Maroc). De l'ensemble des analyses se dégage un résultat très simple : on retrouve toujours et partout les mêmes périodes élémentaires (les mêmes d'ailleurs que pour la pluie), avec prédominance cependant des composantes de longue période pour les lacs et eaux souterraines et de période plus courte pour les fleuves. L'extrapolation des composantes dégagées permet de réaliser des prévisions de crues à longue échéance. M. Frolow a réussi, depuis plusieurs années, à prévoir le maximum de crue de la Seine avec une précision de l'ordre de $0^m,25$. Son moyen de prévision a été appliqué par le Service d'annonce des crues au Ministère des Travaux publics.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. É. Picard, L. Bouvier, É. Borel, M. Caullery, L. de Broglie, Ch. Pérez; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Humbert**, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, pour ses travaux sur l'histoire de l'Astronomie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGE DE SCIENCES.

PRIX JULES ET LOUIS JEANBERNAT ET BARTHELEMY DE FERRARI DORIA.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, É. Picard, A. Lacroix, É. Borel, M. de Broglie; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Catala**, planteur à Vohilava, Madagascar, pour son ouvrage sur les variations expérimentales de *Chrysiridia madagascariensis*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, É. Picard, A. Lacroix.)

La médaille est décernée :

— à M. **Charles Courtot**, lauréat du prix Jecker;
— à M. **Max Mousseron**, lauréat du prix Jecker;
— à M. **Jacques Rabaté**, lauréat du prix Jecker;
— à M. **Jean-Albert Gautier**, lauréat du prix Houzeau;
— à M. **Léon Velluz**, lauréat du prix Ch.-Adam Girard.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

Grand prix des Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, É. Cartan; G. Julia, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Leray**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses travaux d'analyse mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, H. Lebesgue, É. Cartan, H. Villat; É. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Ville**, professeur au Lycée de Nantes, pour ses travaux sur le Calcul des Probabilités.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BORDIN.

Sciences physiques.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, C. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **François Picard**, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Paris, directeur de la

Station entomologique de Paris, pour l'ensemble de son œuvre zoologique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, A. Gosset; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner deux prix de 1800^{fr}, à M. **Frédéric Bremer**, professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Bruxelles, pour ses 20 années de recherches expérimentales sur les mécanismes primordiaux du système nerveux, et à M. **Paul Chauchard**, préparateur à l'École pratique des Hautes études, pour son livre intitulé *Les facteurs de la transmission ganglionnaire. Analyse chronaximétrique.*

Élève direct de Sherrington, M. Bremer s'est occupé d'abord du tonus postural et des fonctions du cervelet, puis de l'inhibition et du mécanisme d'action de la strychnine. Une grande partie de son œuvre porte sur la sommation des influx, soit dans le nerf, soit dans les synapses centrales; il est passé de là au processus de la transmission synaptique. Pour la discussion de la question transmission électrique ou transmission chimique, il a ingénieusement utilisé un curieux petit phénomène découvert par lui, une contracture qui, en certains cas, suit l'envoi de deux influx dans le nerf moteur à un intervalle déterminé. Depuis quelques années, il étudie surtout l'électroencéphalogramme.

M. Bremer a eu divers collaborateurs, il a toujours été le conducteur de l'équipe. C'est un Maître, qui jouit d'une autorité internationale.

L'ouvrage de M. Paul Chauchard est un travail considérable tant au point de vue expérimentation originale qu'au point de vue bibliographique et critique sur une question à la fois délicate et importante, car la transmission de l'excitation dans les ganglions nerveux, sympathiques et parasympathiques, constitue un cas type et simple du fonctionnement de la synapse. M. Chauchard fait faire à cette question, par l'application de la chronaximétrie, des progrès substantiels; notamment il redresse une erreur classique qu'on tendait à généraliser à tous les centres nerveux; la nicotine n'empoisonne pas les synapses, mais un des deux neurones en

contact, à savoir le neurone préganglionnaire. Parmi d'autres résultats, il convient encore de signaler une élégante expérience démontrant, au moyen de deux poisons antagonistes, la possibilité de bloquer l'influx nerveux par hétérochronisme sur le trajet d'une fibre nerveuse.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX VAILLANT.

(Commissaires : MM. É. Picard, É. Borel, H. Lebesgue, J. Perrin, Ch. Maurain, A. de Gramont; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alfred Kastler**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses travaux sur la fluorescence et sur l'effet Raman.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MAUJEAN.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Pérez, P. Wintrebert; É. Roubaud, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Constantin Toumanoff**, chef de laboratoire aux Instituts Pasteur d'Indochine, pour ses recherches sur les Anophèles d'Extrême-Orient et la protection antipaludique.

Les études poursuivies par M. Toumanoff, principalement sur l'attraction zoophile des Anophèles, lui ont permis d'apporter une démonstration nouvelle du rôle protecteur exercé par les animaux domestiques dans les collectivités exposées au paludisme. Ses travaux, qui sont appuyés sur une technique biologique minutieuse et précise, constituent une base de documentation antipaludique de haute importance et d'intérêt général. Ils justifient pleinement l'attribution du prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LE CONTE.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, Ém. Picard, L. Bouvier, H. Deslandres, R. Bourgeois, É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, A. Chevalier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Perrier de La Bâthie**, correspondant de l'Académie des Sciences, pour ses travaux botaniques sur Madagascar.

L'œuvre scientifique de **Henri Perrier de La Bâthie** est d'une originalité aussi prenante que celle de son auteur.

D'une famille de naturalistes, élevé en petit sauvage, dans un pays des montagnes de Savoie, répugnant à toute discipline, dès qu'il le peut, il s'engage dans un régiment d'infanterie coloniale et va faire « son temps » en Indochine, où il recueille force plantes et animaux. Puis il part pour Madagascar, où il passera une trentaine d'années à courir dans la brousse, vivant indépendant à la malgache en chercheur infatigable; il possède au plus haut degré le sens de l'observation et de l'interprétation des faits, don qui s'aiguise par l'exercice d'une curiosité jamais lassée dans le continuel tête-à-tête avec le *silencieux soi-même* et la Nature *silencieuse*.

Rien dans celle-ci ne lui est indifférent : il accumule de fines observations et d'immenses récoltes de tous genres : plantes, animaux divers, roches et minéraux, fossiles, il les donne généreusement, avec des notices précieuses, à tous ceux qui s'intéressent à l'histoire naturelle de la Grande Ile.

Il réserve seulement pour lui les éléments d'un immense herbier qu'à son retour en France il a donné au Muséum national d'histoire naturelle, sans se soucier de sa grande valeur pécuniaire, malgré l'exiguïté de ses ressources personnelles, car, bien entendu, il n'a jamais voulu aliéner la moindre bribe de sa chère liberté qui, avec la botanique, est à ses yeux la seule chose qui compte dans la vie.

Il s'est donné une tâche qui remplit encore son existence, celle de contribuer à l'édification d'une flore de cette colonie qui, du point de vue botanique, est une des plus remarquables de la vaste Terre, et cet homme, qui n'a aucun grade universitaire, aucun lien officiel, s'est instruit seul et a publié un nombre considérable de mémoires fort savants. Il contribue pour la plus large part à la publication des nombreux volumes de cette belle Flore de Madagascar qui s'impriment actuellement à Tananarive, sous l'égide de

M. Henri Humbert, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, aussi, sa réputation scientifique n'est-elle pas discutée.

Ce qui le passionne, c'est moins la description d'espèces nouvelles — et il en a fait beaucoup — que l'étude des liens réunissant les espèces, plus importants à ses yeux que leurs différences. Une grande tendance aux recherches susceptibles de conclusions philosophiques a conduit Perrier à écrire deux Ouvrages : la *Végétation malgache* et la *Biogéographie des plantes de Madagascar* qui, le délassant de ses nombreux travaux systématiques, ont mis bien en évidence le caractère spécial de la végétation de la Grande Ile, autant que sa richesse.

Il n'a pas négligé les questions d'ordre pratique et il est un de ceux qui a le plus vigoureusement appelé l'attention sur les désastres qu'accumule la destruction rapide de la forêt malgache par les incendies de brousse. Pour cette cause il a plaidé sans relâche afin de convaincre les autorités de l'urgence de la création de Réserves naturelles intégrales.

On lui doit encore des observations géologiques, des récoltes pétrographiques et paléontologiques importantes.

Toutes ces considérations montrent combien est justifiée l'attribution de l'un des plus importants des prix de l'Académie, le prix Le Conte, à cet homme d'action, notre Correspondant depuis 1932, à ce savant modeste qui fuit avec terreur les honneurs et jusqu'aux réunions académiques, leur préférant le travail solitaire dans les herbiers du Muséum, quand il se résigne à venir passer quelques jours à Paris, depuis qu'il a quitté le sol malgache.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, G. Bertrand, M. Molliard, M. Caullery, M. Javillier; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Antoine Giroud**, professeur agrégé à la Faculté de médecine, pour ses recherches histophysiologiques sur l'acide ascorbique ou vitamine C.

Activement poursuivies depuis plusieurs années avec une équipe d'élèves, ces recherches ont abouti à des résultats d'un grand intérêt, notamment sur le rôle de l'acide ascorbique dans la sécrétion, par les glandes

surrénales, de leur hormone corticale, et la répercussion de ce mécanisme sur le fonctionnement musculaire.

Ce travail, étendu et varié, qui a poussé dans toutes les directions l'analyse des phénomènes, constitue une œuvre remarquable et réalise un progrès important aussi bien pour la pathologie humaine que pour la physiologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER.

(Commissaires : MM. É. Picard, A. d'Arsonval, A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, Ch. Maurain, Ch. Pérez; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Giraud**, directeur général des Travaux de Paris, pour les services qu'il a rendus en dirigeant depuis seize ans l'exécution des travaux d'utilité publique intéressant l'agglomération parisienne.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PARKIN.

(Commissaires : MM. H. Vincent, L. Cayeux, C. Achard, C. Maurain, Ch. Jacob, E. de Margerie; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Louis Dubertret**, ingénieur des mines, pour ses travaux sur les volcans du Djebel Druze.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. É. Picard, É. Borel, H. Lebesgue, Ch. Fabry, Ch. Maurain, É. Cartan; A. Cotton, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Alexandre Dauvillier**, docteur ès sciences, astronome à l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux sur les rayons cosmiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SAINTOUR.

Sciences physiques.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, P. Marchal, P.-A. Dangeard, H. Vincent, M. Molliard, M. Caullery; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Perrot**, membre de l'Académie de médecine, professeur honoraire de la Faculté de pharmacie, pour ses travaux de botanique coloniale et pour son ouvrage, *Les matières premières usuelles du Règne végétal.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raoul Lecoq**, pharmacien-chef et directeur du Laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye, pour son ouvrage intitulé, *Déséquilibres alimentaires nutritifs et humoraux.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JULES WOLFF.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, E. Leclainche, G. Bertrand, M. Delépine, G. Moussu; M. Javillier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Yves Raoul**, docteur ès sciences, pharmacien-chef de l'Hôpital de Saint-Denis, pour ses travaux de chimie biologique et particulièrement pour ses recherches sur l'origine de l'hordénine.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, A. Lacroix, É. Borel, J. Perrin, G. Bertrand; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner deux prix de 4000fr à MM. **Marcel de Kérolyr**, astronome à la station astronomique de l'Observatoire de Paris à Forcalquier, pour ses travaux sur les nébuleuses, et **Henri Roure**, astronome à l'Observatoire de Marseille, pour ses travaux de Mécanique céleste, et à M. **Jean-Paul Mathieu**, docteur ès sciences physiques, chargé de recherches au Centre national de la Recherche scientifique, pour ses travaux sur les complexes minéraux.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2000fr à M. **René-Guy Busnel**, ingénieur-docteur de la Faculté des Sciences de Paris, pour ses études physiologiques sur le Doryphore de la Pomme de terre.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 3000fr à M. **Louis Favre**, ancien professeur libre à la Faculté des sciences de Paris, pour ses publications sur la Méthode scientifique et l'histoire générale des sciences.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX CHARLES DUPIN.

(Commissaires : MM. É. Borel, H. Lebesgue, É. Jouguet, E. Cartan, H. Villat, G. Durand-Viel; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Marchaud**, recteur de l'Université de Clermont-Ferrand, pour ses travaux de haute géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALBERT Ier DE MONACO.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, É. Picard, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, R. Bourgeois, C. Maurain, L. Lapicque, Ch. Jacob, É.-G. Barrillon; E. de Margerie, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. le Général **Robert Bourgeois**, membre de l'Académie des Sciences, président du Comité national français de géographie, pour la publication de l'*Atlas de France*.

Lorsque fut constitué, en 1920, sous les auspices de l'Académie, un Comité national de Géographie, l'un des premiers soins de ce groupement fut de prendre sous son patronage l'exécution de l'*Atlas de France*, dont le plan avait été conçu par M. Robert Perret. Cette entreprise considérable a été inlassablement poursuivie, depuis 1922, par une Commission qui réunit les géographes les plus qualifiés de notre pays, et dont M. le Professeur Emm. de Martonne est l'actif secrétaire.

Les quatre cinquièmes au moins des planches que doit comporter ce magnifique Atlas ont déjà vu le jour, et c'est pour permettre l'achèvement de sa publication que l'idée est venue à plusieurs de nos confrères d'attribuer à M. le Général R. Bourgeois, président du Comité dont elle relève, le prix Albert de Monaco pour 1940.

Ainsi pourra être amené à son terme une œuvre qui constitue un dossier documentaire de la plus grande richesse sur le sol, le climat, la population et les ressources du territoire français, à l'heure actuelle, et dont l'importance apparaît, aux yeux de tous, comme véritablement exceptionnelle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, L. Lecornu, É. Borel, A. Cotton, É. Cartan; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Joseph Pérès**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux d'analyse et de mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

Sciences physiques.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, R. Fosse, Ch. Jacob, Ch. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean-André Thomas**, maître de conférences à l'École des Hautes études, chef du laboratoire de Cytologie expérimentale à l'Institut du radium, pour ses importantes recherches sur la culture des tissus.

M. A. Thomas a publié à cet égard, depuis plusieurs années, une longue série de Notes, développées dans sa *Thèse de doctorat* [Recherches sur les transformations, la multiplication et la spécificité des cellules hors de l'organisme, *Ann. Sci. nat.* (*Zoologie*), 11e série, t. 1, 1938, 370 pages, 29 planches], ainsi que dans un Rapport au Ve Congrès international de Cytologie expérimentale (Zurich, 1938).

M. Thomas a étudié particulièrement la persistance de la spécificité cellulaire dans les tissus cultivés *in vitro*, en considérant surtout l'épithélium vitellin de la Poule. Il a apporté des données précieuses à la technique de culture des tissus en général. Les résultats sont relatifs, en particulier, à l'évolution fonctionnelle des constituants cytoplasmiques, à la structure des enclaves de vitellus et à l'analyse histochimique de leur digestion intracellulaire, au mode de formation et de différenciation de la substance

fondamentale, etc. L'auteur en discute la répercussion et la signification théorique pour la spécificité des tissus. Ce travail constitue ainsi une contribution importante à un problème général de biologie cellulaire, par les procédés d'investigation les plus modernes et atteste à la fois l'habileté technique et la pénétration d'esprit de l'auteur.

Le rapport fait par lui au V^e Congrès international de Cytologie expérimentale, sur la demande du Comité d'organisation, montre l'estime dans laquelle ses travaux sont tenus. L'effort prolongé et fructueux dont témoigne l'ensemble de ses recherches a paru à la Commission tout à fait digne d'être récompensé par l'attribution du prix Marquet.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU.

Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. É. Picard, R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Fabry, A. Caquot, G. Durand-Viel; É. Borel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M^me **Pierre Weiss**, en mémoire de son mari Pierre Weiss, Membre de l'Académie des Sciences, auteur de remarquables travaux sur le Magnétisme.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU.

Sciences physiques.

(Commissaires : MM. H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, C. Jacob, C. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission est unanime à proposer pour le prix Muteau M. **Edmond Sergent**, membre non résidant de l'Académie et, depuis 1910, directeur, on peut même dire créateur, de l'Institut Pasteur d'Alger.

Il s'est entièrement consacré depuis 40 ans, et sans interruption, à de beaux travaux théoriques et pratiques sur le paludisme et d'une façon

générale sur le rôle de divers Insectes (dans le sens le plus large) dans la propagation des maladies microbiennes.

Ces travaux ont été exécutés en Algérie, et lorsqu'il l'a fallu, en Orient, d'une façon particulièrement fructueuse.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2000fr à MM. **Maurice Lebrun**, ingénieur des arts et métiers, et **André Goelzer**, ingénieur civil de l'École nationale des Ponts et Chaussées, professeur à l'École supérieure de soudure autogène, pour leurs travaux sur le renforcement des ponts en fer par soudure à l'arc électrique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION JÉROME PONTI.

Sciences physiques.

(Commissaires : MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier A. Lacroix, P.-A. Dangeard, M. Molliard, C. Pérez; C. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Gilbert Mathieu**, assistant au Musée houiller de l'Université de Lille, pour ses travaux sur la géologie de la Vendée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Henri Vergne**, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, pour ses travaux sur les équations différentielles et sur la Mécanique des fluides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION AIMÉ BERTHÉ.

(Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, C. Fabry, C. Maurain, H. Villat, P. Montel; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M[me] **Joseph Marty**, en mémoire de son mari **Joseph Marty**, professeur au Lycée d'Albi, tué à l'ennemi le 10 septembre 1914, auteur d'intéressants travaux sur les équations intégrales; et de son fils **Frédéric Marty**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Marseille, mort pour la France en 1940, auteur de recherches sur la théorie des fonctions.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Pierre Vernotte**, ingénieur en chef de l'aéronautique, pour ses recherches théoriques et expérimentales sur la conductibilité et la convection thermiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. G. Perrier, H. Vincent, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier, M. de Broglie; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 10 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 9 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature.

Recherches sur des questions déterminées.

4500fr à M. **Bernard Gèze**, répétiteur à l'Institut national agronomique, pour l'étude des matériaux lithologiques qu'il a rapportés d'une mission géologique au Cameroun.

5000fr à M. **Joseph Lefèvre**, directeur de la Station de biologie végétale de l'Institut national agronomique, pour ses recherches sur les substances de croissance végétale et sur la polyploïdie expérimentale.

4000fr à M. **Pierre Lesage**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Rennes, pour ses recherches sur l'hérédité chez les plantes du caractère physiologique acquis : la précocité.

Achat de matériel de laboratoire.

10000fr à M. **Pierre Chouard**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, directeur du Laboratoire d'agriculture, pour l'achat d'un microscope destiné à ses recherches sur les facteurs de croissance des végétaux.

Publications.

5000fr à M. **Henri Grouiller**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Lyon, à Saint-Genis-Laval, pour contribuer aux frais d'impression d'un ouvrage intitulé, *Sensimétrie spectrale et photométrie photographique astronomique. Application à la méthode photographique de Ch. Fabry. Les spectres des étoiles variables de type avancé.*

6000fr à la **Revue Bryologique et Lichénologique**, pour la publication d'un mémoire posthume de Louis Trabut, Correspondant de l'Académie, intitulé, *Flore des hépatiques de l'Afrique du Nord.*

4000fr à M. **André Rochon-Duvigneaud**, ophtalmologiste honoraire des Hôpitaux de Paris, pour la publication de son ouvrage sur l'anatomie et la physiologie comparées de l'organe visuel chez les Vertébrés.

5000fr à la **Société des Amis d'André-Marie Ampère**, pour l'aider à la publication de lettres inédites de André-Marie Ampère.

5000fr à la **Société française de Photogrammétrie**, pour la publication de son Bulletin.

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 48500fr dont voici la récapitulation :

1° *Recherches sur des questions déterminées :*		
M. Bernard Gèze	4500fr	13500
M. Joseph Lefèvre	5000	
M. Pierre Lesage	4000	
2° *Achat de matériel de laboratoire :*		
M. Pierre Chouard	10000	10000
3° *Publications :*		
M. Henri Grouiller	5000	25000
Revue Bryologique et Lichénologique	6000	
M. André Rochon-Duvigneaud	4000	
Société des Amis d'André-Marie Ampère	5000	
Société française de Photogrammétrie	5000	
Total		48500

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, Ém. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner trois prix de 2500fr :

— à M. **André Claude**, ingénieur diplômé de l'École de physique et de chimie, pour ses recherches sur les lampes et tubes lumineux électriques à gaz rares;

— à feu **Georges Dechêne**, maître de conférences de chronométrie à la Faculté des sciences de Besançon, tué en Belgique, le 17 mai 1940, à l'âge de 36 ans, auteur d'études sur les cellules photoélectriques et les semi-conducteurs réels;

— à M. **Max Vachon**, assistant au Muséum national d'histoire naturelle, pour sa thèse intitulée, *Recherches anatomiques et biologiques sur la reproduction et le développement des Pseudoscorpions.*

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX MILLET-RONSSIN.

(Commissaires : MM. L. Cayeux, C. Jacob, P.-A. Dangeard, P. Marchal, C. Pérez; A. Lacroix, A. Guilliermond, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner les prix suivants :

— un prix de 10000fr à la **Commission géologique de Finlande**, pour ses précieuses publications consacrées à l'étude de la géologie et de la lithologie des vieux terrains éruptifs et métamorphiques de son pays, ainsi qu'à l'étude des formations quaternaires;

— un prix de 4000fr à M. **Georges Corroy**, doyen de la Faculté des sciences de Marseille, pour ses travaux stratigraphiques sur la Provence;

— un prix de 3000fr à M. **Pierre Drach**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Mue et cycle d'intermue chez les Crustacés décapodes;*

— un prix de 3000fr à M. **Roger Gautheret**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur la culture des tissus végétaux qu'il a été le premier à réaliser. On doit à M. Gautheret un Livre, *La culture des tissus végétaux. Son état actuel, comparaison avec la culture des tissus animaux*, dans lequel l'auteur expose ses résultats, ainsi qu'une série de Notes ou articles sur la culture des cambiums et la culture des tissus de tubercules, Notes et articles qui apportent des faits de la plus haute importance.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATIONS VILLEMOT ET CARRIERE.

(Commissaires : MM. G. Perrier, A. Béhal, H. Vincent, É. Picard, H. Lebesgue, H. Villat, G. Fayet, C. Fabry, C. Jacob, A. Guilliermond, R. Fosse, C. Pérez, A. Gosset, A. de Gramont, E. Sergent, G. Charpy; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder les subventions suivantes :

— 12000fr à M. **Louis Blaringhem**, Membre de l'Académie des Sciences, pour des recherches à effectuer à l'*Arboretum* Gaston Allard, à Angers;

— 19000fr à M. **Pierre Cappe de Baillon**, docteur ès sciences, pour l'achat d'un microscope binoculaire et d'un appareil de photographie (ouverture de crédit).

— 20000fr au **Comité national de géodésie et géophysique**, pour l'aider à l'organisation à l'Université de Paris, d'un Institut de géodésie;

— 10000fr à Mme **Nadine Dobrovolskaïa-Zavadskaïa**, chef du laboratoire des recherches expérimentales sur le cancer à l'Institut du radium de l'Université de Paris, pour des recherches de cancérologie et de radiobiologie;

— 18000fr à M. **Pierre Drach**, agrégé des sciences naturelles, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour l'aider à l'achat d'un microscope binoculaire Stiassnie et d'un microscope polarisant Nachet;

— 10800fr à M. **Gaston Fayet**, membre de l'Académie des sciences, pour ses calculs sur les comètes;

— 10000fr à M. **Roger Heim**, sous-directeur du Laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication d'une étude des Russules et des Lactaires de l'Afrique occidentale et équatoriale française;

— 9500fr à M. **Pierre Manigault**, docteur ès sciences, préparateur à la Station biologique de Roscoff, pour ses recherches sur la sécrétion du calcaire chez les Mollusques (ouverture de crédit).

— 13500fr à M. **Jacques Monod**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour l'achat d'un autoclave horizontal;

— 18000fr à M. **Jean Orcel**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour contribuer à la construction d'un nouveau type de microscope métallographique polarisant destiné aux mesures des pouvoirs réflecteurs des minéraux opaques et des métaux;

— 10000fr à M. **Henri Romagnesi**, professeur au Lycée de Sens, pour la publication du Mémoire devant former le Tome II de la Flore mycologique de Madagascar de M. Roger Heim;

— 15000fr à M. **Jules Rouch**, capitaine de vaisseau, professeur à l'Institut océanographique, pour ses études du champ électrique de l'atmosphère en mer et de la conductibilité électrique de l'eau de mer;

— 6500fr à Mlle **Andrée Tétry**, docteur ès sciences, assistante à la

Faculté des sciences de Nancy, pour l'achat d'une étuve électrique avec régulateur et d'un microtone de Minot nécessaires à l'étude qu'elle poursuit des Vers de la Faune de France (ouverture de crédit).

— 6000fr à M. **Jean-André Thomas**, docteur ès sciences, maître de conférences à l'École des hautes études, chef du laboratoire de cytologie expérimentale à l'Institut du radium, pour ses recherches sur la survie et l'histo-physiologie des tissus normaux et cancéreux.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION CHARLES FRÉMONT.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à Mme **Émile Thellier**, née **Odette Costes**, préparateur à l'École des Hautes Études, pour sa *Contribution à l'étude comparée de l'état électrique de l'atmosphère dans une grande ville et à la campagne.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, E. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à Mme **Gabriel Cusco**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GIRBAL-BARAL.

(Commissaires : MM. G. Perrier, H. Vincent, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner deux allocations (Faculté des sciences) :

— à M. **André Guinier**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique;

— à M. **Pierre Bernard**, docteur ès sciences.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

LECTURE.

M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice historique sur les Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences ayant travaillé dans l'Afrique du Nord française depuis le* XVIII^e^ *siècle : Les Botanistes.*

A. Lx et Ém. P.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1940.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 DÉCEMBRE 1940.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 26 décembre, à Rennes, de M. **Lucien Daniel**, Correspondant pour la Section de Botanique depuis 1930.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux acides époxy*-2.6 *heptane-carboxyliques*-3 *stéréoisomères*. Note de MM. **Marcel Delépine** et **Marius Badoche**.

Lors de l'hydrogénation, au moyen du nickel Raney, de l'acide époxy-2-6 heptène-3 carboxylique-3 $C^8H^{12}O^3$ (I), que l'on obtient par oxydation d'un aldéhyde $C^8H^{12}O^2$ dimère de l'aldéhyde crotonique, Delépine et Horeau (¹) ont isolé un acide $C^8H^{14}O^3$ fus. à 92°, l'époxy-2.6 heptane carboxylique-3. Pour un acide de structure (I) la théorie prévoit deux isomères dihydrogénés (²), en raison de la création d'un nouveau point d'asymétrie sur l'atome de carbone 3, le CO^2H primitivement dans le plan de l'anneau pouvant se placer, soit au-dessus, soit au-dessous de ce plan

---

(¹) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 27.

(²) Il ne s'agit ici que des racémiques; chacun des corps dont il sera question dans cette Note est donc lui-même un racémique. Les formules (II) et (III) comportent chacune 2 paires d'énantiomorphes, soit 4 racémiques en tout. L'acide dextrogyre, correspondant au racémique fus. à 92°, a été décrit par Delépine et Willemart (*Comptes rendus*, 211, 1940, p. 153). Il représente un des acides de constitution (II) et (III) constitution dans laquelle la position *cis* ou *trans* des CH^3 n'a encore pu être précisée.

(II et III)

CH
$CO^2H.C$ CH^2
$CH^3.CH$ $CH.CH^3$
O
(I).

CH^2
$CO^2H.C—H$ CH^2
$CH^3.CH$ $CH.CH^3$
O
(II).

CH^2
$H.C$ CO^2H CH^2
$CH^3.CH$ $CH.CH^3$
O
(III).

On obtient d'emblée l'acide cristallisé fus. à 92° dans une proportion de plus de 50 %, mais il est toujours accompagné de parties huileuses très visqueuses, sur lesquelles nous avons porté notre attention. Elles contiennent effectivement un second acide isomère fus. à 89°.

Isomère $C^8H^{14}O^3$ fus. à 89°. — Les parties huileuses, dont il vient d'être question, placées en glacière pendant un mois, abandonnent encore une grande proportion d'acide fus. à 92° en gros cristaux, mais un examen attentif révèle la présence de petits prismes allongés fus. à 89°, dont la quantité augmente pendant les mois suivants. Leur point de fusion diffère fort peu de celui du premier acide, mais il s'agit bien d'un acide distinct et non d'une seconde forme cristalline; leur mélange avec l'acide fus. à 92° donne une dépression du point de fusion d'une vingtaine de degrés; les solutions sursaturées de chacun des acides ne cristallisent qu'avec une amorce de l'acide qu'elles contiennent, sans être influencées par une amorce de l'autre.

Lorsqu'on eut trouvé le moyen de changer l'acide fus. à 92° en l'acide fus. à 89° (voir plus loin), on put étudier un peu plus les propriétés des deux acides. Ils cristallisent bien dans l'éther de pétrole où ils sont moins solubles que dans les solvants organiques. 100g d'eau à 20° dissolvent environ 7g,7 d'acide fus. à 92°, contre 5g d'acide fus. à 89°.

On a vérifié que la formation du second isomère fusible à 89° était corrélative de l'hydrogénation et non d'une transformation de l'acide fus. à 92° sous l'influence seule du nickel catalytique, car cet acide se retrouve inaltéré si l'on agite son sel de sodium pendant une journée avec le double de son poids de catalyseur.

On retire tout au plus 7 % du nouvel isomère parmi les produits d'hydrogénation de l'acide I, assez laborieux déjà à obtenir; fort heureusement, l'étude des anilides préparés en vue de la caractérisation des deux acides,

comme il est courant de le faire, a présenté quelques singularités que nous avons dû approfondir, et cela nous a mis sur la voie de modes d'isomérisation de l'acide fus. à 92° en acide fus. à 89°, qui ont facilité notre travail. En partant des chlorures d'acides, nous avons préparé à cet effet, en dehors des anilides, les méthylanilides et enfin les amides proprement dits; l'étude de ces derniers a été particulièrement intéressante.

Chlorures d'acides $C^7H^{13}O.CO.Cl$ ($C^8H^{13}O^2Cl$). — On les prépare en chauffant 3g d'acide avec 5g de chlorure de thionyle à reflux pendant 40 minutes. Après avoir chassé le chlorure de thionyle en excès, on recueille le chlorure d'acide par distillation dans le vide. Avec l'acide fus. à 92°, c'est un liquide incolore, $Éb_{15}$ 77°, n^D_{18} 1,463. De l'autre chlorure d'acide, les constantes n'ont pas été prises, mais avec l'un et l'autre on a vérifié que l'hydrolyse redonne l'acide générateur pur. La transformation en chlorure d'acide ne s'accompagne donc d'aucune isomérisation; ce point était important à établir.

Anilide $C^7H^{13}O.CO.NH.C^6H^5$ ($C^{14}H^{19}O^2N$). — Le chlorure d'acide (1^{mol}) et l'aniline (2^{mol}) étant chacun dissous dans cinq fois leur poids d'éther, on verse à froid la solution de l'acide goutte à goutte dans celle de l'aniline. Après quelques heures, on enlève le chlorydrate d'aniline par l'eau et extrait à l'éther la poudre blanche résiduelle. Après trois recristallisations dans l'éther, on obtient l'anilide en fines aiguilles incolores, facilement solubles dans l'éther et les autres solvants organiques, sauf l'éther de pétrole. Qu'il vienne de l'acide fus. à 92°, ou de l'acide fus. à 89°, l'anilide se présente sous le même aspect, avec des solubilités pareilles et un même point de fusion, soit 184° (fus. instantanée au bloc), sans dépression par mélange. *Analyses* : anilide de l'acide fus. à 92°, 5,9% d'azote; anilide de l'acide fus. à 89°, 6,05%. Calculé pour $C^{14}H^{19}O^2N$, 6,0%. Notre tentative d'obtention de deux produits distincts n'avait donc pas atteint son but.

Méthylanilides $C^7H^{13}O.CO.N(CH^3)(C^6H^5)$, *soit* $C^{15}H^{21}O^2N$. — Supposant que ces anilides formaient une même espèce en raison de la présence d'hydrogène mobile, nous avons pensé que les méthylanilides se révéleraient distincts. Leur préparation, conduite comme celle des anilides, donne, avec un bon rendement, après évaporation de l'éther, une huile qui ne cristallise qu'au bout d'une huitaine; on purifie la masse par trois cristallisations successives dans l'éther de pétrole. Les produits issus de chaque acide se ressemblent beaucoup par leur aspect de petits prismes incolores, mais les points de fusion diffèrent nettement. Le méthylanilide de l'acide fus. à 92° fond à 93° (tube capillaire), celui de l'acide fus. à 89° fond à 75-75°,5 (tube capillaire); le mélange des deux fond de 57 à 70°. *Analyses* : trouvé respectivement 5,73 et 5,74 % d'azote; calculé pour $C^{15}H^{21}O^2N$, 5,66 %. On a donc bien ici deux méthylanilides différents.

Amides proprement dits $C^7H^{13}O.CO.NH^2$ ($C^8H^{15}O^2N$). — Il était à penser qu'aux produits huileux de l'hydrogénation de l'acide $C^8H^{14}O^3$, dont nous parlons plus haut, correspondraient deux amides, puisqu'on en retire deux acides. En effet, le chlorure d'acide qui en dérive donne un

mélange de deux amides : on en sépare de gros prismes courts fus. à 72-72°,5 et de légères aiguilles fus. à 159° (bloc). Il nous restait à voir à quel acide se rattachent chacun de ces corps.

On a traité le chlorure de l'acide fus. à 89° en solution éthérée par le gaz ammoniac; après un repos de 12 heures à + 5°, il s'était formé un magna de chlorure d'ammonium et d'amide qui fut essoré; la masse traitée par très peu d'eau pour dissoudre le sel ammoniac laissa des cristaux d'amide fus. à 157-158°; l'éther d'essorage évaporé, de même; l'eau ayant servi à enlever le chlorure d'ammonium avait dissous passablement d'amide qui, récupéré par l'éther, fondait au même point. Les divers échantillons, par dissolution à chaud dans 15 p. de benzène, ne virent s'élever leur point de fusion qu'à 159° comme pour l'amide retiré du mélange huileux. Cet amide correspondant à l'acide fus. à 89°, il s'ensuit que l'amide fus. à 72-72°,5 appartient à l'isomère fus. à 92°.

Les deux amides sont notablement solubles dans l'eau, très solubles dans l'alcool absolu, l'alcool méthylique, l'acétone, le chloroforme, moins dans l'éther, peu solubles à froid dans le benzène et la ligroïne.

Saponification de l'anilide de l'acide fus. à 92° et transformation de ce dernier en acide fus. à 89°. — La saponification est difficile. L'anilide reste inaltéré par ébullition pendant 2 heures avec de l'acide chlorhydrique N/2 et après chauffage à 170° avec de la potasse alcoolique à 7 % pendant 7 heures. Il a fallu se servir de potasse très concentrée dans l'alcool isoamylique et chauffer à 180-190° pendant 4 heures pour avoir une saponification complète; mais, après traitement approprié, on trouve comme acide récupéré, non l'acide primitif fus. à 92° dont on était parti, mais son isomère fus. à 89°; l'acide obtenu ne donne pas de dépression du point de fusion avec l'acide retiré directement du produit d'hydrogénation, mais en donne une de 20° avec l'acide qui avait servi à préparer l'anilide. La formation de l'anilide ou sa décomposition a donc été corrélative d'une isomérisation, le chlorure d'acide étant hors cause.

Saponification des amides. — On pouvait se demander si la saponification des amides, beaucoup plus aisée, conduirait également à une isomérisation.

En milieu chlorhydrique 2N, à l'ébullition pendant 4 heures, la saponification est complète sans aucune isomérisation.

Opère-t-on avec la soude 3N dans les mêmes conditions, les résultats sont différents : l'amide fus. à 72° venant de l'acide fus. à 92° donne l'acide fus. à 89°, tandis que l'amide fus. à 159° venant de l'acide fus. à 89° reproduit son acide générateur.

On a vérifié que les acides soumis à un même temps de chauffage avec la même concentration d'alcali que les amides, ne sont pas modifiés. Ainsi donc, l'amide s'isomérise par saponification là où l'acide reste inchangé.

Mais, si l'on se sert d'alcali plus concentré à une plus haute température, on provoque la modification. L'anilide nous avait fourni un moyen de transformer le premier isomère trouvé en le second, mais nous avions pensé que l'action de la potasse sur l'acide libéré de l'anilide pouvait intervenir. Nous avons chauffé l'acide fus. à 92° (3^{g}) avec la potasse (10^{g}) dans l'alcool isoamylique (15$^{cm^3}$) à 185° pendant 6 heures, puis remplacé l'alcool isoamylique par l'alcool benzylique qui bout plus haut; dans les deux cas, on a une transformation presque totale en isomère fus. à 89°, avec un peu de produit huileux.

Enfin nous avons reconnu qu'il suffisait de chauffer tout simplement l'acide fus. à 92° en tube scellé à 190° pour l'isomériser; en examinant le résultat après 4, 9 et 21 heures, on constate qu'au bout de ce dernier temps la transformation est totale, à peine accompagnée de matière incristallisable. Deux cristallisations dans l'éther de pétrole donnent un acide fondant à 89°, pur. Analyses : trouvé %, C 60,74; H 8,98; C 60,65; H 8,99; P. M. acidim. 158. Théorie : C 60,71; H 8,92; P. M. 158,1.

Cette transformation sans alcali laisse à penser que, dans l'action de la potasse amylique ou benzylique, la température intervient pour une bonne part. Dans ces conditions, la saponification des amides prend une signification encore plus nette. D'autant plus que le chauffage à sec à 180-190° en tube scellé pendant 12 heures ne les modifie pas; la même observation fut faite pour les méthylanilides.

Les transformations dont il vient d'être question peuvent être rassemblées dans le schéma ci-dessous :

$$\text{Acide fusible à } 92^\circ \underset{OH^2}{\overset{SOCl^2}{\rightleftarrows}} \text{Chlorure d'acide} \xrightarrow{NH^3} \text{Amide fusible à } 72^\circ \xrightarrow{HOK} \text{Acide fusible à } 89^\circ \underset{OH^2}{\overset{SOCl^2}{\rightleftarrows}} \text{Chlorure d'acide} \xrightarrow{NH^3} \text{Amide fusible à } 159^\circ$$

(ClH : Chlorure d'acide → Acide fusible à 92°; Chauffage à 190° : Acide fusible à 92° → Acide fusible à 89°; ClH : Chlorure d'acide → Acide fusible à 89°; HOK : Amide fusible à 159° → Acide fusible à 89°)

Il est évident que pour avoir l'acide fus. à 89°, le plus simple est d'opérer par chauffage à 190°. Cet acide serait ainsi le plus stable des deux isomères.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Méthode de classification des raies Raman dans les cristaux uniaxes*. Note de M. **Jean Cabannes**.

Comme dans la Note précédente (¹) nous définirons le vecteur électrique de l'onde lumineuse incidente et le moment induit qui émet la raie Raman par leurs composantes suivant trois axes rectangulaires liés au cristal et numérotés 1, 2, 3. Nous prendrons la direction 3 parallèle à l'axe optique et, dans le cas d'un réseau quaternaire, nous dirigerons en outre les axes 1 et 2 suivant deux des axes binaires du réseau (²).

I. *Groupes ternaires* $(3;\ 3\ m;\ 3\ 2;\ \overline{3};\ \overline{3}\ m)$. — Les oscillations internes du cristal sont symétriques par rapport à l'axe optique ou dégénérées. Les tenseurs relatifs aux oscillations actives dans la diffusion de la lumière satisfont aux conditions suivantes :

Pour les oscillations symétriques,

$$(T_1) \qquad a_{11} - a_{22} = 0 \quad \text{et} \quad a_{12} = a_{23} = a_{31} = 0;$$

Pour les oscillations dégénérées,

$$(T_2) \qquad a_{11} + a_{22} = 0 \quad \text{et} \quad a_{33} = 0.$$

II. *Groupes sénaires*. — Les oscillations dégénérées actives peuvent être symétriques ou antisymétriques par rapport à l'axe optique considéré comme un axe binaire (groupes 6; $6/m$; 6 m; 6 2; $6/m$ m); elles peuvent être symétriques ou antisymétriques par rapport au plan de réflexion normal à l'axe (groupes $\overline{6}$ et $\overline{6}$ 2). Ces deux types d'oscillations dégénérées actives sont caractérisés par les égalités

$$(T_3) \qquad a_{11} + a_{22} = 0 \quad \text{et} \quad a_{13} = a_{23} = a_{33} = 0$$

et

$$(T_4) \qquad a_{11} = a_{22} = a_{33} = 0 \quad \text{et} \quad a_{12} = 0.$$

III. *Groupes quaternaires*. — Les oscillations actives peuvent être symétriques, antisymétriques ou dégénérées par rapport à l'axe optique. Les

(¹) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 625.

(²) Nous nous servirons dans cette Note du système de notation des groupes itératifs adopté par la Conférence internationale de Zürich. (Cf. Ch. Mauguin, *Zeitschrift für Kristallographie*, 76, 1931, p. 542.)

tenseurs correspondants sont T_1 (oscillations symétriques), T_3 (oscillations antisymétriques) et T_4 (oscillations dégénérées). Ces tenseurs

(I)

Axe optique parallèle à Ox.

	1 Y	2 Z	3 X
1 Q	★	★	★
2 R	o	a_{11}	★
3 P	o	o	★

Axe optique parallèle à Oy.

	1 Z	2 X	3 Y
1 R	a_{11}	★	o
2 P	o	★	o
3 Q	★	★	★

Axe optique parallèle à Oz.

	1 X	2 Y	3 Z
1 P	★	o	o
2 Q	★	★	★
3 R	★	o	a_{33}

(T_1)

Axe optique parallèle à Ox	Axe optique parallèle à Oy	Axe optique parallèle à Oz
$I + i = a_{11}^2$	$I + i = a_{11}^2$	$I + i = a_{33}^2$
$\frac{i}{I} = 0$	$\frac{i}{I} = 0$	$\frac{i}{I} = 0$

(II)

Axe optique parallèle à Ox.

	1 Y	2 Z	3 X
1 Q	★	★	★
2 R	a_{21}	$-a_{11}$	★
3 P	a_{31}	a_{32}	★

Axe optique parallèle à Oy.

	1 Z	2 X	3 Y
1 R	a_{11}	★	a_{13}
2 P	a_{21}	★	a_{23}
3 Q	★	★	★

Axe optique parallèle à Oz.

	1 X	2 Y	3 Z
1 P	★	a_{12}	a_{13}
2 Q	★	★	★
3 R	★	a_{32}	o

	Axe optique parallèle à Ox	Axe optique parallèle à Oy	Axe optique parallèle à Oz
(T_2)	$I + i = a_{11}^2 + a_{21}^2 + a_{31}^2 + a_{32}^2$	$I + i = a_{11}^2 + a_{21}^2 + a_{13}^2 + a_{23}^2$	$I + i = a_{12}^2 + a_{13}^2 + a_{32}^2$
	$\frac{i}{I} = \frac{a_{31}^2 + a_{32}^2}{a_{11}^2 + a_{21}^2}$	$\frac{i}{I} = \frac{a_{21}^2 + a_{23}^2}{a_{11}^2 + a_{13}^2}$	$\frac{i}{I} = \frac{a_{12}^2 + a_{13}^2}{a_{32}^2}$
(T_3)	$I + i = a_{11}^2 + a_{21}^2$	$I + i = a_{11}^2 + a_{21}^2$	$I + i = a_{12}^2$
	$\frac{i}{I} = 0$	$\frac{i}{I} = \frac{a_{21}^2}{a_{11}^2}$	$\frac{i}{I} = \infty$
(T'_3)	$I + i = a_{11}^2$	$I + i = a_{11}^2$	$I + i = 0$
	$\frac{i}{I} = 0$	$\frac{i}{I} = 0$	—
(T''_3)	$I + i = a_{21}^2$	$I + i = a_{21}^2$	$I + i = a_{12}^2$
	$\frac{i}{I} = 0$	$\frac{i}{I} = \infty$	$\frac{i}{I} = \infty$
(T_4)	$I + i = 2a_{13}^2$	$I + i = 2a_{13}^2$	$I + i = 2a_{13}^2$
	$\frac{i}{I} = \infty$	$\frac{i}{I} = 1$	$\frac{i}{I} = 1$

caractérisent les trois types de raies Raman des cristaux des groupes 4; $4/m$; $\bar{4}$. Dans les groupes $4\,m$; $4\;2$; $4/m\;m$; $\bar{4}\;2$, les oscillations antisymétriques par rapport à l'axe quaternaire se classent en deux types suivant que l'ellipsoïde des réfractivités conserve comme directions principales les

directions numérotées 1 et 2 ou leurs bissectrices. Le tenseur (T_3) devient

soit (T'_3) $a_{11} = -a_{22} \neq 0$ } les autres coefficients
soit (T''_3) $a_{12} \neq 0$ } étant nuls.

Le tableau ci-dessus fait immédiatement connaître l'intensité $I + i$ et la dépolarisation i/I de la lumière diffusée par le cristal éclairé en lumière naturelle, suivant qu'on a affaire à l'un ou l'autre des tenseurs T.

On classera donc les raies Raman d'un uniaxe en orientant successivement l'axe optique suivant le rayon lumineux incident et suivant la normale au plan de diffusion. Le tableau ci-dessous donne les caractères distinctifs des différents types de raies.

	Axe parallèle à Ox.	⟶	Axe parallèle à Oz.
(T_1)	$\frac{i}{I} = 0$	$I + i$ est modifié	$\frac{i}{I} = 0$
(T'_3)	$\frac{i}{I} = 0$	$I + i$ s'annule	—
(T''_3)	$\frac{i}{I} = 0$	$I + i$ reste invariable	$\frac{i}{I} = \infty$
(T^4)	$\frac{i}{I} = \infty$	$I + i$ reste invariable	$\frac{i}{I} = 1$

L'analyse qui fait l'objet de cette Note permet de discuter et d'interpréter l'étude expérimentale de la calcite (3) et du quartz (4).

Les raies 156 et 283 cm^{-1} de la calcite sont du type T_2 (holoédrie ternaire), mais les raies 712 et 1436 de l'ion CO^3 paraissent être du type T_3, ce qui prouverait que les atomes d'oxygène oscillent dans des plans perpendiculaires à l'axe optique. Il est absolument nécessaire d'arriver à une précision plus grande dans les mesures photométriques; les nombreuses tentatives déjà faites montrent l'importance et les difficultés du problème.

Dans le cas du quartz, toutes les raies dégénérées sont du type T_3 et du type T_4; on n'y a pas observé le type T_2. Le cristal agit donc dans la diffusion de la lumière comme s'il avait un axe d'ordre 6.

---

(3) J. Cabannes, *Transactions Faraday Society*, **25**, 1929, p. 813; D. Osborne, Thèse de Montpellier, 1932; S. Bhagavantam, *Proceedings Indian Academy of Sciences*, **9**, 1940, p. 62.

(4) J. Cabannes et Ch. Bouhet, *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 768.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur quelques phénomènes de concentration de la radioactivité.* Note [1] de M. **Edmond Rothé**

Si, d'après certains géophysiciens ou géochimistes, un des traits les plus caractéristiques des substances radioactives est leur extrême dispersion [2], on constate aussi à la surface du globe des phénomènes de concentration de la radioactivité d'une importance primordiale.

Dans ses Mémoires sur les échantillons du fond de l'Océan, recueillis par sa méthode de canon-sondeur, Ch. Snowden Piggot [3] indique que la concentration du radium dans les sédiments du fond de la mer est en général beaucoup plus grande que dans n'importe quelle roche continentale sédimentaire ou même ignée; c'est dans les plus grandes profondeurs qu'elle est la plus grande et surtout dans les régions les plus éloignées des bords continentaux, qui envoient leurs détritus dans la mer; dans ce qu'on appelle *argile rouge,* la concentration peut atteindre $11,7.10^{-12}$ gr. Ra par gramme de matière sèche. De ces faits résultent des conséquences de la plus haute importance au point de vue géologique général.

La présente Note a en vue d'appeler l'attention sur des phénomènes de concentration du radium et du thorium rencontrés au cours de mes recherches sur la radioactivité des roches.

1. Le plus saillant a été observé dans une carrière de rhyolite permienne des environs de Saint-Dié (Lamont, près Saint-Michel-sur-Meurthe-Nompatelize), où ont été extraits des nodules d'argile de couleur violet pâle. Leur radioactivité, mesurée par la méthode des rayons α, dite « des couches d'épaisseurs variables » [4], est la plus élevée de toutes celles que j'aie rencontrées jusqu'à présent dans les divers terrains (minerais contenant chalcolite, autunite, pechblende etc. naturellement mis à part) (nos 15 et 15 *bis*), tandis que la rhyolite elle-même ne présente qu'une activité moyenne (voir le tableau, nos 16 et 17). (J'ai d'ailleurs constaté que la forte activité de l'argile avait diminué avec le temps, sans toutefois pouvoir

---

(1) Séance du 9 décembre 1940.

(2) W. Vernadsky, *La Géochimie*, Paris, 1924, p. 355.

(3) *Radium content of ocean-bottom sediments* (*Res. Amer. Journ. Science,* 1923); Mém. n° 811 du Laboratoire Géophysique de la Carnegie Institution, Washington. *Cores samples of the Ocean bottom, Rapport annuel pour* 1936 *de la Smithsonian Institution*, Washington, traduction française de J. Cochin (*Revue hydrographique*, 15, II, novembre 1938, p. 69).

(4) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 30-32.

donner de précisions sur ce point, n'ayant pu suivre régulièrement cette variation sur des échantillons rigoureusement identiques.)

Au bas de la même carrière se trouve une boue argileuse riche en fer et manganèse d'activité un peu plus faible que la précédente, bien qu'encore très importante et comme elle due en majeure partie au thorium (14 et 14^{bis}). Je pense qu'il s'agit là d'un exemple frappant de concentration des corps radioactifs, dont le mécanisme mériterait une étude approfondie et qui doit être rapproché de celui de la concentration du manganèse dans les wads ou du thorium dans les placers.

On pouvait prévoir qu'il doit exister une différence appréciable entre des matières argileuses provenant de l'altération de roches éruptives et des dépôts sédimentaires. Des mesures ont été exécutées par la même méthode sur divers échantillons recueillis dans le Puy-de-Dôme par M. Van der Min; elles vérifient complètement les prévisions. Il est remarquable que le kaolin pur est à peu près totalement inactif (1, 2, du tableau), tandis que le granite en décomposition est actif (7). Des argiles diverses, dont la description géologique et minéralogique sera donnée ultérieurement, s'étagent au point de vue radioactif entre celle de Madriat et celle de Volvic (3 à 13). Comme termes de comparaison figurent les chiffres d'une argile du bassin parisien dite de *Créteil* et de Nompatelize, Saint-Michel-sur-Meurthe (14-15 nombres récents, 14^{bis}, 15^{bis} nombres anciens).

2. Au cours de recherches en cours faites sur le terrain sous ma direction par M. Milcoveanu, par la méthode des radiations pénétrantes [5], nous avons pu d'autre part constater une concentration de la radioactivité dans une arène granitique (route de Ceyrat à Berzet, Puy-de-Dôme). A plusieurs jours d'intervalle on trouva $18^{\text{l}},5$ cm³/sec., tandis que les terrains ou roches environnants n'accusent que 9 à 12^{l}. Une arène moins riche en mica que la précédente fournit le chiffre $15^{\text{l}},8$. Les mesures de laboratoire (rayons α) ont confirmé ces résultats. Les granits massifs frais ou peu décomposés ont fourni les chiffres (VII, VIII, IX), l'aplite (X), tandis que l'arène a conduit aux courbes (I) à (VI). Les portions de courbes tracées à l'aide de ces nombres (partie presque rectiligne) diffèrent entre elles par le traitement que le sable a subi.

(I), poudre tamisée au 1er tamis; (II), tamisée au tamis 2; (III), tamisée à 2 et repilée; (IV), poudre primitive pilée et tamisée à 2; (V), résidu du tamisage I pilé; (VI), même opération, mais pilage très fin.

---

[5] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 892; 203, 1936, p. 268; 204, 1937, p. 1835. *Ann. Inst. Phys. Globe, Strasbourg* (3e partie), *Géophysique*, 1939, p. 7.

RADIOACTIVITÉ.

Kaolin, argiles sédimentaires et produits de décomposition de roches éruptives.

Nom.	Activité relative en étalon à l'uranium (masse/gramme). 5,0.	10.	15.	20,0.
1. Kaolin blanc pur (la Bosse)		néant		
2. Kaolin rose (la Bosse)		néant		
3. Argile rouge sableuse (Madriat)	12	23,5	32,7	44
4. Argile (Créteil, bassin de Paris)	50	67,5	83	98
5. Argile rouge sableuse (Combronde)	44	91	198	184
6. Id. (Montcel)	110	164	216	269
7. Granite décomposé (la Bosse)	88	179	272	361
8. Argile intercalation de granit (Saint-Hippolyte)	149	302	452	605
9. Argile jaune (Combronde)	180	321	465	612
10. Roche décomposée blanche (Madriat)	234	366	494	628
11. Id. (Sanadoire)	288	416	532	643
12. Argile verte, intercalation de granite (Toernoël)	331	436	540	648
13. Roche argileuse (Volvic)	343	516	664	792
14. Argile brune (Saint-Michel-sur-Meurthe-Nompatelize)	444	798	1146	1488
14*bis*. Id. (Id.)	680	1220	1770	2240
15. Argile violet pâle (Saint-Michel-sur-Meurthe)	1428	2206	2972	3702
15*bis*. Id. (Id.)	1946	3325	4720	6090
16. Rhyolite (Saint-Michel-sur-Meurthe)	92	124	152	175
17. Id. (Rosskopf)	176	320	464	600

Arène granitique, granit, aplite.

I. Arène passée 1er tamis	364	478	596	712
II. Arène passée 2e tamis	323	446	569	693
III. Autre partie 2e tamis, poudre pilée	331,5	416	504	591
IV. Arène pilée et passée 2e tamis	279	382	486	590
V. Résidus de I, pilés et repassés 1er tamis	178	272	368	464
VI. Pilage et passage 2e tamis	125	227	330	432
VII. Roche fraîche	39,5	90	141	192
VIII. Partiellement décomposée	141	164	186	209
IX. Autre échantillon	104	140	176	212
X. Aplite	91,8	92,3	93,4	95

Les courbes mettent en évidence un effet mécanique qui semble dû au dégagement des émanations radon et théron, mais l'activité reste toujours plus grande que celle des granits ayant également subi le pilage et le tamisage.

3. D'autres effets de concentration ont été observés de la phonolite φ_0, de la roche Sanadoire (Puy-de-Dôme) et au voisinage de filons radifères sur lesquels je reviendrai plus tard en détail. Je signalerai pourtant dès aujourd'hui l'identité remarquable qui existe entre la courbe de cette phonolite et celle de la phonolite φ_1 du Gerbier-des-Joncs et qui met en évidence tout l'intérêt qui s'attache aux courbes de radioactivité à épaisseurs variables [6].

HYDROLOGIE. — *Sur une cause capitale d'erreur possible dans la recherche des azotites, en hydrologie.* Note [1] de M. **Georges Denigès.**

Nous possédons des réactifs très sûrs et très sensibles pour la recherche de l'ion azoteux, en solution. Celui que j'ai proposé, en 1911, sous le nom de *réactif hydrostrychnique* [2], ne laisse rien à désirer sous ce rapport.

J'en ai amélioré la préparation, de façon à en éviter l'insolubilisation lente, sous la forme de chlorozincate, et par suite l'altération, en opérant comme suit :

Mettre, dans un tube à essai, 5^{cm^3} d'une solution à 1 % de sulfate de strychnine, 5^{cm^3} de ClH pur, puis 1^{cm^3} de SO^4H^2 concentré, et ajouter, au mélange, 1 ou 2^g de lamelles de zinc ordinaire, préalablement bien amalgamées.

Après 10 minutes de contact, décanter le liquide qui constitue le réactif voulu. S'il vient à rosir, par le temps, on y promènera l'extrémité d'une lame d'étain qui le décolorera en quelques secondes.

En ajoutant à 20^{cm^3} d'une solution de nitrite de sodium, par exemple, V gouttes d'acide chlorhydrique puis V gouttes de réactif et agitant, on obtient une coloration rouge plus ou moins intense suivant la dose d'azotite.

En observant le liquide sous une épaisseur de 15 à 16^{cm}, dans un tube, on perçoit une coloration rosée, encore appréciable, par comparaison avec un témoin, à la teneur limite de $0^{mg},03$ d'ion nitreux, par litre.

Il est remarquable que la présence de chlorure de sodium, non seulement au degré de salure où il se trouve dans les eaux marines, mais même à une concentration quadruple ou quintuple, ne change rien à la sensibilité du réactif.

---

(6) *Comptes rendus*, **210**, *loc. cit.*

(1) Séance du 16 décembre 1940.

(2) *Bulletin Soc. chim. de France*, 4e série, 9, 1911, p. 537 et 544.

Dans ces conditions, j'ai cherché à appliquer celui-ci à la recherche des azotites dans les eaux océaniques.

Les épreuves directes tentées sur divers échantillons provenant de l'Atlantique et de la Méditerranée, ayant été négatives, prouvaient que ces eaux ne renfermaient pas d'ion nitreux ou, tout au moins, qu'elles n'en contenaient pas une dose supérieure de $0^{mg},03$ par litre.

Ayant essayé de les concentrer au cinquième, pour reculer la limite observable, je suis arrivé au résultat paradoxal suivant : 100^{cm^3} d'une eau marine n'ayant pas donné de coloration par traitement direct avec le réactif hydrostrychnique, étant concentrés à 20^{cm^3} par évaporation, dans une capsule de porcelaine, sur une flamme de gaz assez réduite pour ne pas entraîner une ébullition marquée du liquide, décelaient, dans la portion résiduelle, $0^{mg},66$ d'ion nitreux, par litre, soit $0^{mg},13$ dans le liquide ramené à son volume primitif.

J'obtenais donc ainsi une forte teinte avec le réactif hydrostrychnique, alors qu'à la même concentration et sous l'influence du même réactif l'eau de mer restait incolore. Il y avait par suite, indiscutablement, un apport par l'extérieur, lors de l'évaporation, de produits nitreux.

Deux preuves, l'une indirecte, l'autre directe, furent tout à fait démonstratives à cet égard.

1° En évaporant l'eau marine non plus sur une flamme de gaz mais sur un réchaud électrique, la partie concentrée ne renfermait que des traces d'ion azoteux, voisines de la limite, et la recherche de cet ion fut négative dans le liquide ramené à son volume primitif.

2° En aspirant, pendant l'évaporation, les gaz du pourtour de la flamme chauffante et les faisant traverser une solution d'hydroxyde ou de carbonate de sodium, il était très facile, après barbotage, de constater une forte réaction de $\overline{NO}^2$, dans le liquide.

Des expériences ayant abouti, aux chiffres près, aux mêmes résultats ont été effectuées avec des eaux potables diverses, des solutions bicarbonatées sodiques et de l'eau distillée, tous liquides exempts, initialement, d'azotites.

C'est ainsi que, dans leur résidu de concentration au cinquième, l'eau de la Ville de Bordeaux a décelé $0^{mg},50$ d'ion azoteux par litre, une solution de bicarbonate de sodium à 2^{g} par litre, $0^{mg},40$ et l'eau distillée, $0^{mg},14$.

Toutes les sources de combustion vive que j'ai essayées ont amené l'absorption de $\overline{NO}^2$ par ces eaux.

D'ailleurs la production de $\overline{NO}^2$ dans les flammes est d'une importance manifeste.

Ainsi, en faisant barboter, pendant 10 minutes et dans 10^{cm^3} d'une solution à 4^g de CO^3NaH par litre, les produits gazeux s'échappant d'une flamme de gaz (de 6 à 7^{cm} de hauteur et d'environ 2^{cm} de diamètre) et appelés par un aspirateur dont la pointe effilée terminale (surface $0^{mm^2},5$, au plus) était placée vers le milieu des bords de la flamme, aussi près que possible d'elle, il a été trouvé $0^{mg},40$ d'ion $\overline{NO}^2$, par litre du liquide laveur.

Comme un calcul simple permet d'attribuer, à la flamme génératrice, une surface approchée de 20^{cm^2}, c'est-à-dire au moins 4000 fois supérieure à celle de la pointe aspiratrice et en admettant, ce que l'expérience confirme, une égale formation de $\overline{NO}^2$ sur tous les points de la surface de la flamme, on en déduit que la totalité de ce combustible produit, en 10 minutes, 16^{mg} d'ion azoteux soit 96^{mg}, c'est-à-dire près de $0^g,10$ par heure.

Conclusions. — Il résulte donc de cette étude :

1° Que les diverses sources de combustion vive produisent, en brûlant à l'air, des quantités importantes d'ion azoteux, dont une proportion très appréciable est absorbée par les eaux qu'on évapore, en capsule ouverte, à l'aide de ces producteurs thermiques.

2° Qu'on s'exposerait, par suite, à des conclusions absolument erronées en recherchant l'ion azoteux dans les eaux après leur concentration, en capsule ouverte, faite à la flamme du gaz, par exemple, puisque dans tous les cas et surtout dans ceux de ces liquides qui renferment des éléments alcalins ou alcalino-terreux (eaux marines; eaux potables; eaux bicarbonatées), l'absorption de produits nitreux, à dose très marquée, est constante pour ces eaux.

3° Qu'il est indispensable, si l'on veut concentrer des eaux naturelles, en vue d'y rechercher des doses très faibles d'ion azoteux, d'opérer par distillation et, de préférence, sous pression réduite, à l'abri, par conséquent, pour le résidu de concentration où devra se rechercher la présence possible de $\overline{NO}^2$, de tout contact avec les gaz provenant de la source chauffante.

M. Charles Jacob fait hommage à l'Académie d'une Notice dont il est l'auteur, *La vie et l'œuvre d'Henri Douvillé* (1846-1937), avec un portrait et une liste bibliographique (Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*, 5e série, t. IX, 1939, pages 321-591).

CORRESPONDANCE.

M[me] **Joseph Marty** adresse des remercîments pour la distinction accordée aux travaux de son mari **Joseph Marty** et de son fils **Frédéric Marty** morts au champ d'honneur.

M[me] V[ve] **François Picard** adresse des remercîments pour la distinction accordée aux travaux de son mari.

M. **Alphonse Clavier** remercie l'Académie pour la distinction accordée aux travaux de sa fille **Jeanne Clavier**, décédée.

MM. **Eugène Antoniadi**, **Fernand Baldet**, **Henri Béghin**, **Charles Bertaud**, **Charles Bertrand**, **Jean-Jacques Bounhiol**, **Georges-Albert Boutry**, **René-Guy Busnel**, **Léon Bussard**, **Jean Cabannes**, **Paul Chauchard**, **Charles Courtot**, **Raymond Delaby**, **Henry Des Abbayes**, **Louis Favre**, l'abbé **Paul Fournier**, **Jean-Albert Gautier**, **Henri Giraud**, **Antoine Giroud**, **Lucien Godeaux**, **André Goelzer**, **Pierre Grassé**, **René Guilloton**, **Georges Jeanneney**, **Alfred Kastler**, **Maurice Lebrun**, **Jean-Paul Mathieu**, **Joseph Pérès**, **Henri Perrier de La Bâthie**, **Émile Perrot**, **Albert Portevin**, **Guy Ringenbach**, **Edmond Sergent**, **Max Vachon**, **Henri Vergne** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Pierre Bernard**, **André Guinier** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la mesure de Haar.*
Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit G un groupe *localement compact* (¹). Toutes les démonstrations connues de l'existence d'une *mesure invariante* par les *translations à gauche* font appel à l'axiome du choix : choix dénombrable si l'on fait sur G des hypothèses convenables de dénombrabilité (Haar), choix général sans

(¹) Pour la terminologie, voir N. Bourbaki, *Éléments de Mathématique*, livre III, Topologie générale, chap. I (*Actualités scientifiques*, fasc. 858, 1940).

ces hypothèses [Banach, A. Weil [2]]. L'*unicité* de la mesure (à un facteur constant près) est démontrée *ensuite*. On peut lever ce paradoxe et *prouver existence et unicité sans l'axiome du choix*. Elles découlent d'une proposition qui n'est pas nouvelle, mais que nous démontrerons sans faire appel à l'existence d'une mesure invariante; la voici :

THÉORÈME D'APPROXIMATION. — *Soit* $f \in \mathcal{C}$ [3], ε *un nombre* > 0, *et* V *un voisinage de l'unité* (*dans* G) *tel que*

$$y^{-1}x \in \mathrm{V} \quad \text{entraîne} \quad |f(x) - f(y)| \leqq \varepsilon.$$

Soient $g \in \mathcal{C}$, *telle que* $g = 0$ *en dehors de* V. *Alors, pour tout* $\alpha > \varepsilon$, *on peut trouver des* $s_i \in \mathrm{G}$ *en nombre fini, et des constantes* $c_i > 0$, *de manière que l'on ait, pour tout* $x \in \mathrm{G}$,

$$\left| f(x) - \sum_i c_i g(s_i^{-1} x) \right| \leqq \alpha. \tag{1}$$

2. Rappelons d'abord quelques résultats connus [2]. Soit $\mathcal{F}$ la famille des fonctions f bornées et $\geqq 0$, telles que l'ensemble $f > 0$ soit relativement compact, et qu'il existe $\eta > 0$ et un ensemble ouvert sur lequel on a $f \geqq \eta$. Si $f \in \mathcal{F}$ et $\varphi \in \mathcal{F}$, on désigne par $(f:\varphi)$ la borne inférieure (*non nulle*) des $c > 0$ tels qu'il existe des $s_i \in \mathrm{G}$ et des $c_i > 0 \left(\sum_i c_i = c\right)$ satisfaisant à

$$f(x) \leqq \sum_i c_i \varphi(s_i^{-1} x) \qquad \text{pour tout } x \in \mathrm{G}.$$

On a $1/(g:f) \leqq (f:\varphi)/(g:\varphi) \leqq (f:g)$.

Prenons une fois pour toutes une $f_0 \in \mathcal{C}$, et posons

$$\mathrm{I}_\varphi(f) = (f:\varphi)/(f_0:\varphi) \qquad [1/(f_0:f) \leqq \mathrm{I}_\varphi(f) \leqq (f:f_0)].$$

Pour chaque $\varphi \in \mathcal{F}$, $\mathrm{I}_\varphi(f)$ est une fonction de $f \in \mathcal{C}$, *invariante à gauche* [si l'on pose $f_s(x) = f(s^{-1}x)$, on a $\mathrm{I}_\varphi(f_s) = \mathrm{I}_\varphi(f)$], *homogène* [$\mathrm{I}_\varphi(cf) = c\mathrm{I}_\varphi(f)$ pour c constant > 0], *croissante et convexe*

$$[f \leqq f_1 + f_2 \quad \text{entraîne } \mathrm{I}_\varphi(f) \leqq \mathrm{I}_\varphi(f_1) + \mathrm{I}_\varphi(f_2)].$$

---

[2] Voir A. WEIL, *L'intégration dans les groupes topologiques* (*Actualités scient.*, fasc. 900, 1940). Nous renvoyons, pour la bibliographie, à cet ouvrage dont nous adoptons les notations et dont nous nous sommes inspiré pour les démonstrations.

[3] $\mathcal{C}$ désignera la famille des fonctions définies sur G, continues et $\geqq 0$, non identiquement nulles, et telles que l'ensemble $f > 0$ soit relativement compact.

De plus

LEMME. — *Étant données des* $f_i \in \mathcal{C}$ *en nombre fini, et des quantités* $\rho > 0$ *et* $\Lambda > 0$, *il existe un voisinage* U *de l'unité tel que l'on ait*

$$I_\varphi\left(\sum_i \lambda_i f_i\right) \leqq \sum_i \lambda_i I_\varphi(f_i) \leqq I_\varphi\left(\sum_i \lambda_i f_i\right) + \rho,$$

pour toute $\varphi \in \mathcal{F}_U$ (4), *et quelles que soient les constantes* $\lambda_i \leqq \Lambda$.

3. *Démonstration du théorème d'approximation.* — D'après les hypothèses, on a

$$(2) \qquad [f(x) - \varepsilon]\, g(s^{-1}x) \leqq f(s)\, g(s^{-1}x) \leqq [f(x) + \varepsilon]\, g(s^{-1}x).$$

α étant donné $> \varepsilon$, déterminons $\eta > 0$ assez petit pour que $(f : g^\star)\eta < \alpha - \varepsilon$; $g^\star$ désigne la fonction définie par $g^\star(x) = g(x^{-1})$. Puis soit W un voisinage de l'unité assez petit pour que

$$y^{-1}x \in W \quad \text{entraîne} \quad |g(x) - g(y)| \leqq \eta.$$

Il existe des $s_i \in G$, en nombre fini, tels que les ensembles $s_i W$ recouvrent l'ensemble où $f > 0$; puis il existe (5) des $h_i \in \mathcal{C}$ telles que $h_i = 0$ en dehors de $s_i W$, et $\sum_i h_i = 1$ en tout point où $f > 0$. On a alors

$$h_i(s) f(s) [g(s_i^{-1}x) - \eta] \leqq h_i(s) f(s)\, g(s^{-1}x) \leqq h_i(s) f(s)\, [g(s_i^{-1}x) + \eta].$$

Sommons par rapport à i, et comparons à (2); on obtient

$$[f(x) - \varepsilon]\, g(s^{-1}x) - \eta f(s) \leqq \sum_i h_i(s) f(s)\, g(s_i^{-1}x) \leqq [f(x) + \varepsilon]\, g(s^{-1}x) + \eta f(s),$$

inégalité entre des fonctions de s dont nous allons prendre le I_φ, en remarquant que

$$I_\varphi[g(s^{-1}x)] = I_\varphi[g^\star(x^{-1}s)] = I_\varphi(g^\star).$$

Il vient

$$[f(x) - \varepsilon]\, I_\varphi(g^\star) - \eta\, I_\varphi(f) \leqq I_\varphi\left[\sum_i h_i f g(s_i^{-1}x)\right] \leqq [f(x) + \varepsilon]\, I_\varphi(g^\star) + \eta\, I_\varphi(f).$$

Mais

$$I_\varphi(f)/I_\varphi(g^\star) \leqq (f : g^\star) = \frac{\beta - \varepsilon}{\eta} \qquad (\beta \text{ étant } < \alpha),$$

(4) $\mathcal{F}_U$ désigne l'ensemble des $\varphi \in \mathcal{F}$ qui s'annulent en dehors de U. Pour la démonstration de ce lemme, voir A. WEIL, *loc. cit.*, p. 36.

(5) Voir DIEUDONNÉ, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 593.

d'où

$$f(x) - \beta \leqq I_\varphi\left[\sum_i \frac{g(s_i^{-1}x)}{I_\varphi(g^\star)} h_i f\right] \leqq f(x) + \beta. \tag{3}$$

Appliquons le lemme aux fonctions $f_i = h_i f$, en posant $\lambda_i = g(s_i^{-1}x)/I_\varphi(g^\star)$ [quantités $\leqq A = (f_0 : g^\star) \sup g$], et prenant $\rho = \alpha - \beta$. Il vient, pour $\varphi \in \mathcal{F}_U$ (U convenable), et en posant $I_\varphi(h_i f)/I_\varphi(g^\star) = c_i$,

$$I_\varphi\left[\sum_i \frac{g(s_i^{-1}x)}{I_\varphi(g^\star)} h_i f\right] \leqq \sum_i c_i g(s_i^{-1}x) \leqq I_\varphi\left[\sum_i \frac{g(s_i^{-1}x)}{I_\varphi(g^\star)} h_i f\right] + \rho,$$

ce qui, combiné avec (3), donne l'inégalité (1) du théorème d'approximation.

4. *Existence de la mesure invariante.* — Il faut prouver l'existence d'une fonctionnelle $I(f)$, définie et > 0 pour $f \in \mathcal{C}$, additive, et telle que $I(f_s) = I(f)$. Pour cela, il suffit de prouver que, pour chaque f, $I_\varphi(f)$, considérée comme fonction de φ, a une limite suivant le filtre qui a pour base les $\mathcal{F}_U$. L'existence d'une limite sera assurée si l'on prouve, pour tout $f \in \mathcal{C}$ et tout $\varepsilon > 0$, l'existence d'un U tel que $\varphi \in \mathcal{F}_U$ et $\psi \in \mathcal{F}_U$ entraînent

$$|I_\varphi(f) - I_\psi(f)| \leqq \varepsilon.$$

La limite $I(f)$ sera alors une fonction *additive* de f, en vertu du lemme.

Or, soient donnés $f \in \mathcal{C}$ et $\gamma > 0$; déterminons, par le théorème d'approximation, une $g \in \mathcal{C}$, des s_i et des c_i qui satisfassent à (1) pour un $\alpha < \gamma$; puis, d'après le lemme, un U tel que $\varphi \in \mathcal{F}_U$ entraîne

$$I_\varphi(f) - \gamma \leqq \left(\sum_i c_i\right) I_\varphi(g) \leqq I_\varphi(f) + \gamma.$$

Opérons de même avec f_0 telle que $I_\varphi(f_0) = 1$ pour toute φ, et en prenant la même g; il vient une inégalité analogue. Ces deux inégalités, appliquées à deux fonctions φ et ψ, prouvent que $I_\varphi(f)$ et $I_\psi(f)$ sont voisins dès que φ et ψ appartiennent à un $\mathcal{F}_U$ convenable. C. Q. F. D.

MÉCANIQUE. — *Sur la stabilité des régulations à impulsions retardées ou amorties.* Note de M. **Léon Nisolle**, présentée par M. Henri Villat.

Le mouvement d'une régulation à impulsion retardée et amortie, dont le type est le réglage du chauffage d'une enceinte, est régi par l'équation

intégrodifférentielle

$$(1)\qquad L(u) = \frac{1}{\varphi}\int_{-\infty}^{t} u(s)\,\frac{\partial}{\partial s}g(t-s)\,ds,$$

dans laquelle $L(u)$ est une forme différentielle linéaire d'ordre n à coefficients constants, u, l'écart relatif d'une variable du mouvement par rapport à l'équilibre, φ le décrément, et $g(t)$ une fonction calculée ou relevée expérimentalement, qui est nulle de $t=0$ à $\tau=t_r$, croît de 0 à 1 pour $t_r < t < t_a$, et vaut 1 pour $t > t_a$; t_r peut être nul et t_a peut être infini.

En tenant seulement compte du retard t_r, et le prenant comme unité de temps, (1) devient

$$(2)\qquad L(u) = -\frac{1}{\varphi}u(t-1).$$

En pratique, pour établir les conditions de stabilité, on exprime dans (2), $u(t-1)$ en série de Taylor, limitée à quelques termes, et l'on applique les critères de Hurwitz à l'équation différentielle linéaire ainsi obtenue.

Pour $L(u)$ du premier ordre, c_0 étant le coefficient de u' et 1 celui de u, les résultats sont, selon la valeur de $1/c_0\varphi$,

$\frac{1}{c_0\varphi} = 0$	$\frac{1}{1+\sqrt{2}}$	1
Apériodisme	Oscill. amorties	(Instabilité) Oscill. divergentes

Cette méthode prête à objections, en particulier parce que, si l'on prend assez de termes à la série de Taylor, l'équation finale aura au moins un de ses coefficients négatifs, et l'on devra conclure à l'instabilité, contrairement parfois à l'expérience.

D'ailleurs (2) peut s'intégrer successivement de proche en proche, pour des tronçons de temps égaux à 1; et les résultats ci-dessus sont mis en défaut par la solution ainsi trouvée.

La méthode suivante, qui est la transposition à (2), de la méthode classique des solutions particulières de la forme $u = C.e^{zt}$, conduit à des résultats exacts. L'équation donnant les valeurs caractéristiques z est

$$(3)\qquad F(z) \equiv L(z) + \frac{1}{\varphi}.e^{-z} = 0,$$

qui est transcendante, et dont aucune racine ne doit avoir, pour la stabilité, de partie réelle positive.

Pour s'en assurer, on peut, si $L(u)$ est du 1^er ordre, construire dans le

demi-plan $x > 0$, de la variable z, les courbes $R(x, y) = 0$, et $I(x, y) = 0$, représentant les parties réelles et imaginaires de $F(z)$: elles ne doivent pas s'y couper.

Si $L(u)$ est d'ordre plus élevé, il est plus expéditif d'étudier le résidu logarithmique de $F(z)$ sur un contour composé d'une demi-circonférence de centre O, de rayon croissant indéfiniment, passant dans le demi-plan des $x > 0$, et le diamètre yOy' de cette demi-circonférence : $F(z)$ n'ayant pas de pôle à distance finie, et le maximum du module de $(1/\varphi)e^{-z}$ pour $x > 0$, étant $1/\varphi$, les racines dans cette région ont un module limité. Leur nombre est donc égal à l'indice de $I(x, y)/R(x, y)$ sur ce contour et par suite cet indice doit être nul. Or sur la demi-circonférence l'indice relatif à $F(z)$ est égal à l'indice relatif à $L(z)$, lequel vaut 2 pour le 2ᵉ et le 3ᵉ ordre, 4 pour le 4ᵉ et le 5ᵉ ordre, etc. Finalement donc, par symétrie il suffira que l'indice sur le demi-axe Oy de O à $+\infty$, soit 1 pour le 2ᵉ et le 3ᵉ ordre, 2 pour le 4ᵉ et le 5ᵉ, etc.

On trouve ainsi pour le 1ᵉʳ ordre les conditions suivantes du mouvement selon la valeur de $1/c_0\varphi$:

$\frac{1}{c_0\varphi} = 0$	$e^{-\left(1+\frac{1}{c_0}\right)}$	$\frac{y_0}{\sin y_0}$	$+\infty$
Pseudo-apério.	Oscill. amorties	(Instabilité) Oscill. divergentes	

avec

$$\operatorname{tang} y_0 = -c_0 y_0.$$

La limite exacte de stabilité est donc supérieure de 60 % et la limite d'apériodicité inférieure, de 20 %, aux limites auxquelles conduit la méthode usuelle.

On peut également calculer les coefficients C_i de la série $\Sigma C_i e^{z_i t}$, qui représente $u(t)$, en écrivant que cette série possède pour $t = 0$, un contact d'ordre $(p - 1)$, p étant infini, avec la solution (2), convenant entre 0 et 1. Les C_i sont donnés par un système linéaire à une infinité d'inconnues. La solution pour chacun d'eux se présente sous la forme d'une somme de $(n + 1)$, produits infinis qui sont convergents. On a ainsi un deuxième moyen pour résoudre l'équation (2).

La même méthode d'étude de la stabilité, par la recherche de solutions particulières en e^{zt}, réussit encore avec l'équation générale (1). L'équation aux valeurs caractéristiques est alors

$$L(z) = -\frac{1}{\varphi}\int_0^{+\infty} e^{-zx}\frac{\partial}{\partial x}g(x)\,dx. \tag{4}$$

Selon la forme de $g(t)$ elle est, ou bien transcendante et plus générale que (3), ou bien algébrique.

L'étude des conditions de stabilité par cette méthode permet les conclusions suivantes, relativement aux régulations à impulsions retardées et amorties :

a. Tous les coefficients de la forme $L(u)$ doivent être positifs;

b. Si $L(u)$ est du premier ou du second ordre, le retard et l'amortissement sont toujours nuisibles, en ce qu'ils peuvent provoquer des oscillations et obliger pour les éviter à réduire la précision du réglage;

c. Si $L(u)$ est d'ordre plus élevé, les effets sont souvent les mêmes, cependant ils peuvent aussi être inverses. La régulation est ainsi rendue plus stable qu'elle ne le serait en l'absence de retard et d'amortissement.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur la théorie du spin.*
Note (¹) de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons n systèmes de nombres formés chacun de m unités complexes, indépendants les uns des autres et que nous supposons représentés par les matrices carrés de même rang r, $A_i^{(p)}$, $A_j^{(p)}$, ... $(p=1, 2, \ldots, n)$ $(i, j, \ldots = 1, 2, \ldots, m)$. Au moyen de ces nombres nous pouvons former les nouvelles grandeurs

$$P_i = \frac{1}{n}\left[\sum_{1}^{n}{}_p A_i^{(p)}\right], \qquad P_{(ij)} = \frac{1}{n}\left[\sum_{1}^{n}{}_p A_i^{(p)} A_j^{(p)}\right],$$

$$P_{i,j} = \frac{1}{n(n-1)}\left[\sum_{\substack{1\\(p\neq q)}}^{n}{}_{p,q} A_i^{(p)} A_j^{(q)}\right],$$

$$P_{i,j,k} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)}\left[\sum_{1}^{n}{}_{p,q,r} A_i^{(p)} A_j^{(q)} A_k^{(r)}\right],$$

$$P_{i,j,\ldots,k,n} = \frac{1}{n!}\left[\sum{}_{p,q,r,\ldots,s} A_i^{(p)} A_j^{(q)} \ldots A_n^{(s)}\right].$$

(¹) Séance du 9 décembre 1940.

On voit facilement que ces nombres obéissent aux lois de multiplication

$$P_i P_j = \frac{1}{n} P_{(ij)} + \frac{n-1}{n} P_{i,j},$$

$$\underbrace{P_{i,j,\ldots,k}}_{m} P_l = \frac{1}{n}[P_{il,j,\ldots,k} + P_{i,jl,\ldots,k} + P_{i,j,\ldots,kl}] + \frac{n-m}{n} P_{i,j,\ldots,k,l}, \quad m<n$$

$$\underbrace{P_{i,j,\ldots,k}}_{n} P_l = \frac{1}{n}[P_{il,j,\ldots,k} + P_{i,jl,\ldots,k} + P_{i,j,\ldots,kl}].$$

Connaissant des relations entre les nombres $A_i^{(p)}$, $A_j^{(p)}$, $A_k^{(p)}$, de chaque système, ces formules de composition permettent d'établir des relations entre les P_i.

En particulier, si les nombres $A_i^{(p)}$ forment n systèmes de trois matrices de spin $\sigma_i^{(p)}$ satisfaisant aux relations

$$\sigma_i^{(p)}\sigma_j^{(p)} = -\sigma_j^{(p)}\sigma_i^{(p)} = i\sigma_k^{(p)}, \qquad \sigma_i^{(p)}\sigma_i^{(p)} = 1, \qquad \sigma_i^{(p)}\sigma_j^{(q)} = \sigma_j^{(q)}\sigma_i^{(p)},$$

les relations précédentes deviennent

$$P_i = \frac{1}{n}\left(\sum_{p}^{n}{}_{1}\, \sigma_i^{(p)}\right), \qquad P_i P_j = \frac{1}{n} i P_k + \frac{n-1}{n} P_{i,j}.$$

Nous en tirons la formule

$$P_i P_j - P_j P_i = \frac{2}{n} i P_k.$$

D'autre part, si l'on définit le spin selon la manière ordinaire comme le moment cinétique S complétant le moment classique

$$m_k = -\frac{h}{2\pi i}\left(x_i \frac{\partial}{\partial x_j} - x_j \frac{\partial}{\partial x_i}\right),$$

de façon que l'on ait pour le moment cinétique total $\vec{N} = \vec{M} + \vec{S}$, la relation

$$N_i N_j - N_j N_i = \frac{h}{2\pi i} S_k,$$

on doit avoir

$$S_i S_j - S_j S_i = \frac{h}{2\pi i} S_k.$$

Si l'on introduit maintenant la matrice de spin du corpuscule de spin $(n/2)(h/2\pi)$ sous la forme

$$S_i = -\frac{n}{2}\frac{h}{2\pi}\chi_i,$$

il vient

$$\chi_i\chi_j - \chi_j\chi_i = \frac{2}{n} i\chi_k.$$

Les matrices de spin χ_i doivent donc satisfaire aux mêmes relations que celles auxquelles satisfont les P_i précédents. On peut donc prendre pour matrice de spin

$$\chi_i = \frac{1}{n}\left[\sum_{1}^{n}{}_p \sigma_i^{(p)}\right].$$

Pour déterminer les valeurs propres de ces matrices, les relations précédentes permettent de construire, par élimination, les équations caractéristiques.

On trouve, par exemple, pour les différentes valeurs de n

n.		n.	
2	$P_i^3 - P_i = 0,$	4	$4P_i^5 - 5P_i^3 + P_i = 0,$
3	$9P_i^4 - 10P_i^2 + 1 = 0,$	5	$625P_i^6 - 875P_i^4 + 259P_i^2 - 9 = 0.$

On voit ainsi facilement que, si n est pair, P_i admet les valeurs propres

$$0, \quad \pm\frac{2}{n}, \quad \frac{\pm 2k}{n}, \quad \ldots, \quad \pm 1 \qquad \left(k = 0, 1, \ldots, \frac{n}{2}\right),$$

tandis que, si n est impair, P_i admet les valeurs propres

$$\pm\frac{1}{n}, \quad \pm\frac{3}{n}, \quad \ldots, \quad \pm\frac{2k+1}{n}, \quad \pm 1 \qquad \left(k = 0, 1, \ldots, \frac{n-1}{2}\right).$$

La matrice S_i admet donc dans le premier cas les valeurs propres

$$\pm\frac{kh}{2\pi} \qquad \left(k = 0, 1, 2, \ldots, \frac{n}{2}\right),$$

et dans le second cas les valeurs propres

$$\pm\left(k + \frac{1}{2}\right)\frac{h}{2\pi} \qquad \left(k = 0, 1, \ldots, \frac{n-1}{2}\right).$$

Ces valeurs sont donc toutes un nombre entier de fois $h/2\pi$ dans le premier cas, toutes un nombre demi-entier de fois $h/2\pi$ dans le second cas.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une interprétation géométrique des équations de Maxwell dans le vide.* Note ([1]) de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons considéré ([2]) le champ électromagnétique comme l'opérateur infinitésimal du groupe des rotations vectorielles à six paramètres de l'espace-temps, défini en fonction des transformations infinitésimales de base par

$$X = e_1 X_1 + e_2 X_2 + e_3 X_3 + e_4 X_4 + e_5 X_5 + e_6 X_6; \tag{1}$$

les e_i sont des constantes qui peuvent être regardées comme des coordonnées dans un espace à six dimensions; leur variation en fonction du temps dans un tel espace supposée décrite par la transformation $S(t)$, s'obtient par l'équation opérationnelle

$$S^{-1} X S = X'; \tag{2}$$

les transformations dont nous disposons sont, d'après notre Note citée, les rotations et les homothéties; si nous écartons les homothéties comme se rapportant au point matériel électrisé, l'étude de la variation du champ électromagnétique dans le temps ne doit faire intervenir que le groupe des rotations; pour un intervalle de temps dt, on aura : $S = I + Y\,dt$, avec $Y = \sum_{i=1}^{6} \alpha_i X_i$; on aura donc

$$\begin{aligned}(3)\quad & [1 - (\alpha_1 X_1 + \ldots + \alpha_6 X_6)\,dt]\,[e_1 X_1 + \ldots + e_6 X_6]\,[1 + (\alpha_1 X_1 + \ldots + \alpha_6 X_6)\,dt] \\ & = e'_1 X_1 + \ldots + e'_6 X_6,\end{aligned}$$

ce qui donne finalement, en tenant compte des crochets,

$$(4)\quad \begin{aligned} X_i X_k - X_k X_i &= \sum_S c_{ik}^S X_S, \\ \frac{d_{ek}}{dt} &= \sum_{i,s} \alpha X_i c_{ik}^s e_s; \end{aligned}$$

Les valeurs des c_{ik}^s correspondant au groupe des rotations permettent

---

([1]) Séance du 16 décembre 1940.

([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 430.

de ramener (4) à la forme

$$(5)\quad \begin{cases} \dfrac{de_1}{dt} = \alpha_2 e_3 - \alpha_3 e_2 + \alpha_5 e_6 - \alpha_6 e_5, & \dfrac{de_4}{dt} = \alpha_2 e_6 - \alpha_3 e_5 + \alpha_5 e_3 - \alpha_6 e_2; \\ \dfrac{de_2}{dt} = \alpha_3 e_1 - \alpha_1 e_3 + \alpha_6 e_4 - \alpha_4 e_6, & \dfrac{de_5}{dt} = \alpha_3 e_4 - \alpha_1 e_6 + \alpha_6 e_1 - \alpha_4 e_3; \\ \dfrac{de_3}{dt} = \alpha_1 e_2 - \alpha_2 e_1 + \alpha_4 e_5 - \alpha_5 e_4, & \dfrac{de_6}{dt} = \alpha_1 e_5 - \alpha_2 e_4 + \alpha_4 e_2 - \alpha_5 e_1. \end{cases}$$

L'opérateur X doit se changer lui-même par la transformation, ce qui donne

$$(6)\qquad S^{-1}XS = \rho X,$$

pour S infiniment près de I, $\rho = I + \sigma\, dt$ et

$$(7)\qquad \frac{de_i}{dt} = \sigma e_i.$$

En substituant (7) dans (5), on obtient un système algébrique, dont le déterminant à six lignes et six colonnes doit s'annuler; en fait il se décompose en deux autres, représentés par les équations

$$(8)\qquad \begin{cases} \sigma^3 + \sigma[(\alpha_1 + \alpha_4)^2 + (\alpha_2 + \alpha_5)^2 + (\alpha_3 + \alpha_6)^2] = 0, \\ \sigma^3 + \sigma[(\alpha_1 - \alpha_4)^2 + (\alpha_2 - \alpha_5)^2 + (\alpha_3 - \alpha_6)^2] = 0. \end{cases}$$

Admettons maintenant que la rotation infinitésimale conserve la longueur respective des vecteurs $\vec{e}(e_1, e_2, e_3)$ et $\vec{\varphi}(e_4, e_5, e_6)$; on aura les équations

$$(9)\qquad \begin{cases} \alpha_1 e_1 + \alpha_2 e_2 + \alpha_3 e_3 = 0, & \alpha_1 e_4 + \alpha_2 e_5 + \alpha_3 e_6 = 0; \\ \alpha_4 e_1 + \alpha_5 e_2 + \alpha_6 e_3 = 0, & \alpha_4 e_4 + \alpha_5 e_5 + \alpha_6 e_6 = 0. \end{cases}$$

(5) et (7) nous donnent alors les relations

$$(10)\qquad \begin{cases} \alpha_1 \alpha_5 - \alpha_2 \alpha_4 = 0, \\ \alpha_3 \alpha_4 - \alpha_1 \alpha_6 = 0, \\ \alpha_2 \alpha_6 - \alpha_5 \alpha_3 = 0. \end{cases}$$

qui signifient que les vecteurs $\vec{\alpha}(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ et $\vec{\beta}(\alpha_4, \alpha_5, \alpha_6)$ sont parallèles entre eux; d'autre part, dans (7), σ doit être purement imaginaire : $\sigma = i\sigma'$, pour que les solutions en $e^{\pm \sigma t}$ de (7) soient bornées à l'infini; les équations (8) s'écrivent alors en posant $\alpha_4 = i\beta_4$; $\alpha_5 = i\beta_5$; $\alpha_6 = i\beta_6$,

$$(11)\qquad i\sigma'[-\sigma'^2 + (\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2) - (\beta_4^2 + \beta_5^2 + \beta_6^2) \pm 2i(\alpha_1\beta_4 + \alpha_2\beta_5 + \alpha_3\beta_6)] = \sigma.$$

Si nous rejetons la solution banale $\sigma'=0$, le terme entre crochet doit être nul; en comparant avec (10), on voit que l'un des vecteurs $\vec{\alpha}$ ou $\vec{\beta}$ est identiquement nul; ce ne peut être $\vec{\alpha}$, car on aurait la relation impossible $-\sigma'^2-\beta^2=0$; c'est donc $\vec{\beta}$; finalement (11) se réduit à

$$\sigma'=\pm\sqrt{\alpha_1^2+\alpha_2^2+\alpha_3^2}; \tag{12}$$

les équations (5) dégénèrent alors en les rotations purement spatiales

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{de_1}{dt}=\alpha_2 e_3-\alpha_3 e_2; && \frac{de_3}{dt}=\alpha_1 e_2-\alpha_2 e_1; && \frac{de_5}{dt}=\alpha_3 e_4-\alpha_1 e_6;\\ &\frac{de_2}{dt}=\alpha_3 e_1-\alpha_1 e_3; && \frac{de_4}{dt}=\alpha_2 e_6-\alpha_3 e_5; && \frac{de_6}{dt}=\alpha_1 e_5-\alpha_2 e_4. \end{aligned}\right. \tag{13}$$

On peut vérifier que les trois vecteurs $\vec{e}(e_1, e_2, e_3)$, $\vec{\varphi}(e_4, e_5, e_6)$ et $\vec{\alpha}'$ sont orthogonaux entre eux et que, de plus, $(e)^2=(\varphi)^2$, comme l'exige la théorie électromagnétique. Développons maintenant en intégrale de Fourier en rassemblant les e_k en sommes de la forme $e_1+i\varphi_1$, $e_2+i\varphi_2$, $e_3+i\varphi_3$, avec $\varphi_1=-ie_4$, $\varphi_2=-ie_5$, $\varphi_3=-ie_6$, les φ_i étant réels, comme nous oblige à le faire la décomposition du déterminant (8); on aura par définition, si $F_k=F_k(x, y, z, t)$, $\Gamma_k=\Gamma_k(x, y, z, t)$,

$$e_k+i\varphi_k=\int_{-\infty}^{+\infty}(F_k+i\Gamma_k)\,e^{-i(\vec{\alpha}\vec{r})}\,d\vec{r} \quad \text{ou} \quad F_k+i\Gamma_k=\int_{-\infty}^{+\infty}(e_k+i\varphi_k)\,e^{i(\vec{\alpha}\vec{r})}\,d\vec{\alpha}$$

$$\left[(\vec{\alpha}\vec{r})=\alpha_1 x+\alpha_2 y+\alpha_3 z;\ d\vec{\alpha}=d\alpha_1\,d\alpha_2\,d\alpha_3;\ d\vec{r}=dx\,dy\,dz\right] \qquad (k=1, 2, 3), \tag{14}$$

et de même

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial(F_k+i\Gamma_k)}{\partial t}=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{d}{dt}(e_k+i\varphi_k)\,e^{i(\vec{\alpha}\vec{r})}\,d\vec{\alpha},\\ &\frac{1}{i}\frac{\partial}{\partial y}(F_3+i\Gamma_3)=\int_{-\infty}^{+\infty}(e_3+i\varphi_3)\,\alpha_2\,e^{i(\vec{\alpha}\vec{r})}\,d\vec{\alpha},\\ &\frac{1}{i}\frac{\partial}{\partial z}(F_2+i\Gamma_2)=\int_{-\infty}^{+\infty}(e_2+i\varphi_2)\,\alpha_3\,e^{i(\vec{\alpha}\vec{r})}\,d\vec{\alpha},\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{aligned}\right. \tag{15}$$

ce qui donne, par exemple,

$$\begin{aligned} &\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\frac{d}{dt}(e_1+i\varphi_1)+\alpha_3(e_2+i\varphi_2)-\alpha_2(e_3+i\varphi_3)\right]e^{i(\vec{\alpha}\vec{r})}\,d\vec{\alpha}\\ &=\frac{\partial}{\partial t}(F_1+i\Gamma_1)+\frac{1}{i}\frac{\partial}{\partial z}(F_2+i\Gamma_2)-\frac{1}{i}\frac{\partial}{\partial y}(F_3+i\Gamma_3)\\ &=\frac{\partial}{\partial t}(F_1+i\Gamma_1)+\frac{\partial}{\partial y}(iF_3-\Gamma_3)-\frac{\partial}{\partial z}(iF_2-\Gamma_2)=0; \end{aligned} \tag{16}$$

d'où, en séparant le réel de l'imaginaire,

$$(17) \qquad \frac{\partial F_1}{\partial t} = \frac{\partial \Gamma_3}{\partial y} - \frac{\partial \Gamma_2}{\partial z}; \qquad \frac{\partial \Gamma_1}{\partial t} = \frac{\partial F_2}{\partial z} - \frac{\partial F_3}{\partial y}; \qquad \ldots,$$

posant alors $F_1 = H_x$; $F_2 = H_y$; $F_3 = H_z$; $\Gamma_1 = E_x$; $\Gamma_2 = E_y$; $\Gamma_3 = E_z$, on obtient ainsi les équations de Maxwell dans le vide, qui constituent donc une représentation fonctionnelle du groupe des rotations.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les opérateurs de la mécanique ondulatoire.* Note [1] de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les quatre matrices fondamentales de Dirac α_1, α_2, α_3, α_4 peuvent être écrites

$$\begin{aligned}
\alpha_1 &= u_1 v_4 + u_2 v_3 + u_3 v_2 + u_4 v_1,\\
\alpha_2 &= i(u_1 v_4 - u_2 v_3 + u_3 v_2 - u_4 v_1),\\
\alpha_3 &= u_1 v_3 - u_2 v_4 + u_3 v_1 - u_4 v_2,\\
\alpha_4 &= u_1 v_1 + u_2 v_2 - u_3 v_3 - u_4 v_4,\\
1 &= u_1 v_1 + u_2 v_2 + u_3 v_3 + u_4 v_4.
\end{aligned}$$

Les termes u, v admettent la multiplication contractée

$$u_i v_J u_r v_S = \delta_{Jr} u_i v_S.$$

Posons $(eA_k/c) = \sigma_k$, $(ev/c) = \sigma_4$ et supposons que

$$(\overrightarrow{P_k u_\lambda}) = u_\lambda . (-\sigma_k) \qquad \text{et} \qquad (\overrightarrow{P_k v_\lambda}) = (\overleftarrow{v_\lambda P_k}) = v_\lambda \sigma_k;$$

$\rightarrow$ indique la multiplication à droite, $\leftarrow$ la multiplication à gauche.

Remarquons que

$$P_k(u_i v_J) = (P_k u_i) \times v_J + u_i \times (P_k v_J) = u_i v_J(\sigma_k - \sigma_k) = 0$$

et, par suite,

$$\overrightarrow{P_k(u_\lambda \varphi_\lambda)} = u_\lambda.(P_k \varphi_\lambda) + (P_k u_\lambda).\varphi_\lambda = u_\lambda\left(+\frac{1}{\chi}\frac{\partial}{\partial x^k} - \sigma_k\right)\varphi_\lambda$$

et

$$(\overleftarrow{\varphi_\lambda^* v_\lambda})P_k^* = \overrightarrow{P_k^*(v_\lambda \varphi_\lambda^*)} = v_\lambda\left(-\frac{1}{\chi}\frac{\partial}{\partial x^k} - \sigma_k\right)\varphi_\lambda^*,$$

puisque $P_k^* . = - P_k .$.

---

[1] Séance du 16 décembre 1940.

L'opérateur de Dirac $[P_i\alpha_i + P_4 + \alpha_4\, moc]$ appliqué à

$$U_1\varphi_1 + U_2\varphi_2 + U_3\varphi_3 + U_4\varphi_4$$

donne, en séparant les composantes sur les U_i, les quatre équations de Dirac. L'opérateur conjugué appliqué *à gauche* à $\sum_\lambda \varphi_\lambda^* \varphi_\lambda$ donne les équations conjuguées.

Cette méthode permet de passer au cas de la fusion de n corpuscules dont certains peuvent posséder une charge électrique. Pour les corpuscules neutres ($e = 0$),

$$P_k U_\lambda = \left(\frac{1}{\chi}\frac{\partial}{\partial x^k} - \frac{eA_k}{c}\right) \text{ se réduit à } \frac{1}{\chi}\frac{\partial}{\partial x_k}.$$

On peut écrire les matrices correspondant à la fusion sous la forme des matrices superposées (à un coefficient $\pm$ près).

Exemple

$$\begin{array}{|c}\alpha_h\\\hline 1\\\hline 1\\\hline \vdots\\\hline 1\end{array}, \quad \begin{array}{|c}1\\\hline \alpha_h\\\hline 1\\\hline \vdots\\\hline 1\end{array}, \quad \ldots, \quad \begin{array}{|c}1\\\hline 1\\\hline 1\\\hline \vdots\\\hline \alpha_h\end{array}.$$

Pour chaque α_h on a n matrices, d'où au total $4n$ matrices (au lieu de matrices à 4^n lignes et colonnes).

Ces matrices permettent de constituer des opérateurs

$$\left[P_h \begin{array}{|c}\alpha_h\\\hline 1\\\hline 1\\\hline \vdots\\\hline 1\end{array} + m_{01}c \begin{array}{|c}\alpha_4\\\hline 1\\\hline \vdots\\\hline 1\end{array}\right] \quad \text{appliqués à} \quad \begin{array}{|c}u_l\\\hline u_m\\\hline u_n\\\hline \vdots\\\hline u_s\end{array}\ \Phi\ \begin{array}{c}l\\\hline m\\\hline n\\\hline \vdots\\\hline s\end{array}$$

et

$$\left[P_h \begin{array}{|c}1\\\hline 1\\\hline \alpha_h\\\hline \vdots\\\hline 1\end{array} + m_{30}c \begin{array}{|c}1\\\hline 1\\\hline \alpha_4\\\hline \vdots\\\hline 1\end{array}\right], \quad \ldots,$$

d'où n opérateurs

Pour le photon, on a

$$\mathcal{A}_k \Phi_h^i = \sum_{lm} \left| \frac{(\alpha_k)_{il}}{(1)_{hm}} \Phi_m^l \right. \quad \text{et} \quad \mathcal{B}_k \Phi_n^i = (-1)^{h+1} \sum_{lm} \left| \frac{(1)_{il}}{(\alpha_k)_{hm}} \Phi_m^l \right. .$$

Le spin du photon est alors $2 \times h/4\pi$ et celui des n particules fondues à $n \times h/4\pi$.

Ceci permet de faire une théorie du photon porteur de deux charges opposées; à cause des termes $(-1)^{h+1}$ il n'y a pas compensation.

La méthode peut être généralisée en posant

$$(P_k U_i) = U_i\left(-\sigma_k + \frac{\partial \Phi}{\partial x^k}\right),$$

Φ ayant les dimensions d'une action; si, de plus,

$$P_k V_J = V_J\left(+\sigma_k - \frac{\partial \Phi}{\partial x^k}\right),$$

on a encore

$$P_k(U_J V_J) = 0.$$

Prenons une grandeur X, Y, Z, T, U, et décomposons-la en termes : $a_i . b_J$, où les a_i et les b_J sont les demi-vecteurs associés, selon le procédé de M. E. Cartan ([2]).

L'opérateur $P_4 + \alpha_i P_i + \alpha_4\, moc$ appliqué à $\Sigma u_\lambda a_\lambda$ donne des équations qui deviennent identiques à celles de Dirac, si l'on pose $\psi_\lambda = a_\lambda e^{-\frac{2\pi i}{k}\Phi}$; de même l'opérateur conjugué donne, appliqué à gauche à $\Sigma b_r v_r$, les équations conjuguées des premières.

Ceci montre le passage de la mécanique ordinaire à la mécanique ondulatoire, en permettant de passer d'une description à l'aide de grandeurs X, Y, Z, T, U à une description à l'aide de fonctions $a_\lambda e^{-\frac{2\pi i}{k}\Phi}$ du type *fonction d'onde*.

ÉLECTRONIQUE. — *Niveaux électroniques et réaction chimique. Azote.* Note ([1]) de Mme **Renée L. Herman**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le spectre de l'azote présente des phosphorescences nombreuses ayant parfois une très longue durée. Le mécanisme des émissions de cet *azote*

([2]) *Leçons sur la théorie des spineurs*, Paris, 1938, t. I.

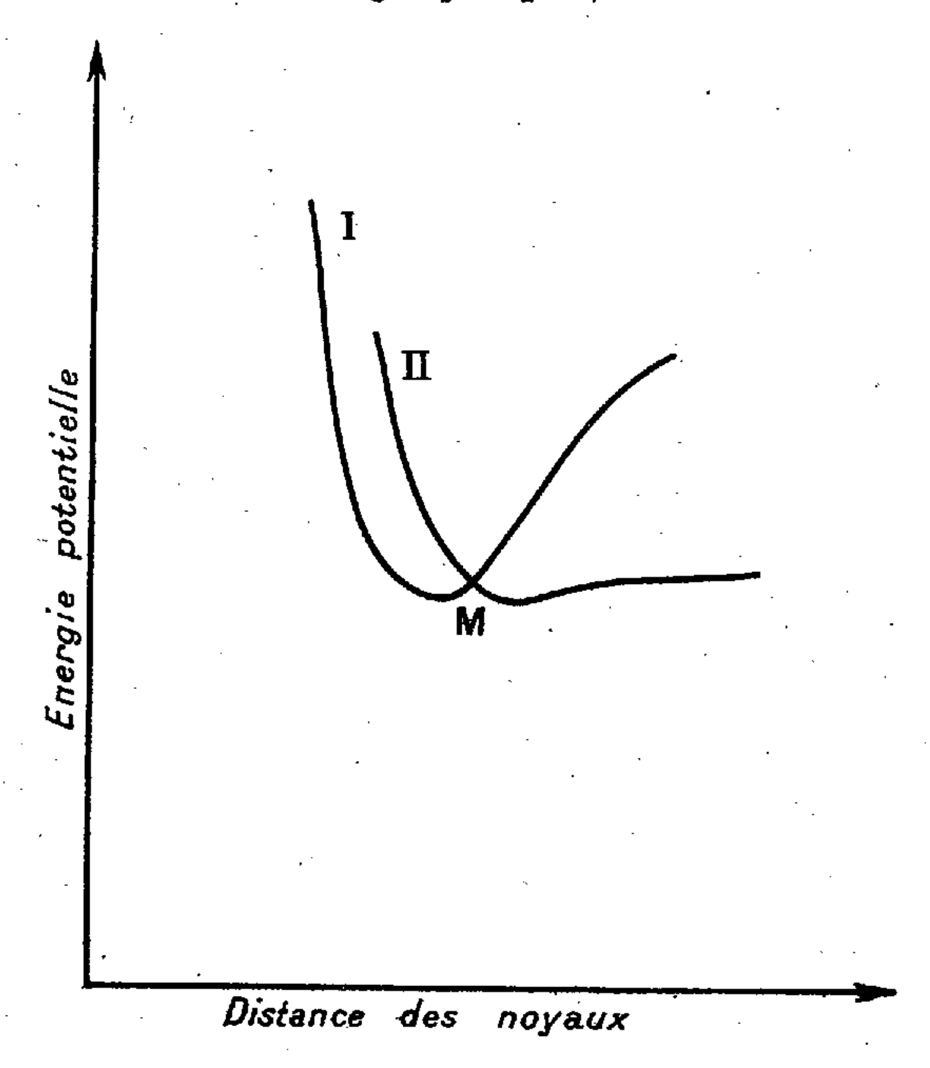
([1]) Séance du 16 décembre 1940.

actif est loin d'être entièrement éclairci. Nous avons cherché si la formation des niveaux moléculaires qui interviennent dans ces phénomènes de phosphorescence n'était pas due à un mécanisme particulier.

La plupart des niveaux inférieurs de la molécule d'azote semblent se former par les processus suivants :

1° Réaction par choc triple entre les atomes stables ou métastables avec formation d'une molécule à un niveau excité. Dans ces réactions la chaleur de formation est très faible (inférieure à quelques dixièmes de volt).

2° Interaction entre un niveau électronique instable ou à faible énergie de dissociation (courbe II du graphique) avec un niveau électronique



stable (courbe I). Cette interaction qui est un *processus inverse de la prédissociation* a lieu ici au voisinage du minimum d'énergie potentielle du niveau stable [2]. De telles interactions peuvent se produire dans le cas des niveaux B, C, Y et D (voir tableau II).

([2]) On peut s'attendre ici à une perturbation dans la structure de rotation du niveau supérieur stable pour $v = 0$ ou 1. En outre un niveau du type représenté par la courbe II se manifeste par une émission à spectre continu. Dans le cas de l'azote le premier et le second groupe positifs montrent un spectre continu intense couvrant les bandes lorsque la pression croît (J. Maddlestone, *Phys. Rev.*, 18, 1921, p. 327).

TABLEAU I.

État.	E volts, étude des spectres moléculaires.	E volts, formule (1).	l.	m.	n.
$X^1\Sigma_g^+$	–	–	–	–	–
$A^3\Sigma_u^+$	6,14	6,16	2	+1	−1
$B^3\Pi_g$	7,32	7,35	2	0	0
$a^1\Pi_u$	8,51	8,54	2	−1	+1
	–	8,53	1	+2	−1
$C^3\Pi_u$	10,98	10,91	2	0	+1
	–	10,90	0	3	−1
Y (bandes de Goldstein)	12,05	12,12	1	−1	2
	–	12,09	1	+2	0
$D^3\Sigma$	12,78	13,28	1	1	1
$X'^2\Sigma_g^+$	15,65	15,65	0	2	1

En réalité, le cas (2) est une représentation spectroscopique et le cas (1) une représentation chimique du même processus.

On peut traduire les relations dans la formule simple suivante, qui relie les énergies E des niveaux moléculaires connus avec les énergies atomiques $E_{^4S}$, $E_{^2D}$, $E_{^2P}$:

$$E = l E_{^4S} + m E_{^2D} + n E_{^2P} + \text{const.}, \quad (1)$$

où l, m, n désignent des nombres entiers positifs ou négatifs. Par rapport à ^4S, qui est l'état le plus bas, les atomes ^2D et ^2P ont les énergies 2,37 et 3,56 volts respectivement. Dans le tableau I on a indiqué les valeurs

TABLEAU II.

Terme.	Cas a.	Cas b.	Cas c.
N_2 $X = {}^1\Sigma_g^+$	—	—	—
$A = {}^3\Sigma_u^+$	α_1. $2N(^4S)+N(^2D) \rightleftharpoons A_0+N(^2P)$	α_2. $B_0(A_7)+N(^2D) \rightleftharpoons A_0+N(^2P)$	—
$B = {}^3\Pi_g$	β_1. $2N(^4S) \to B_0(A_7)$	β_2. $X+2N(^4S) \to B_0(A_7)+X$	β_3. $A_0+N(^2P) \rightleftharpoons B_0+N(^2D)$
$a = {}^1\Pi_u$	γ_1. 1° $2N(^4S)+N(^2P) \to a+N(^2P)$ 2° $N(^4S)+2N(^2D) \to a+N(^2P)$	γ_2. 1° $B_0(A_7)+N(^2P) \to a+N(^2D)$ 2° $B_0(A_7)+2N(^2D) \to a+N(^2P)+N(^4S)$	γ_3. $A_0+N(^2D) \to a$
$C = {}^3\Pi$	δ_1. 1° $2N(^4S)+N(^2P) \to C+N(^4S)$ 2° $3N(^2D) \to C+N(^2P)$	δ_2. $B_0(A_7)+N(^2P) \to C+N(^4S)$	δ_3. 1° $A_0+2N(^2P) \to C+N(^4S)$ 2° $A_0+2N(^2D) \to C+2N(^4S)$
Y (*)	ε_1. 1° $N(^4S)+2N(^2P) \to Y+N(^2D)$ 2° $N(^4S)+2N(^2D) \to Y+N(^4S)$	ε_2. $B_0(A_7)+2N(^2D) \to Y+2N(^4S)$	ε_3. $A_0+N(^2D)+N(^2P) \to Y+2N(^4S)$
$D = {}^3\Sigma$	ζ_1. $N(^2D)+N(^2P) \to D$	ζ_2. $B_0(A_7)+N(^2D)+N(^2P) \to D+2N(^4S)$	ζ_3. $A_0+2N(^2P) \to D+2N(^2D)$
N_2^+ $X' = {}^2\Sigma_g^+$	η. $2N(^2D)+N(^2P) \to X'+N(^4S)$		

(*) Niveau supérieur des bandes de Goldstein.

des niveaux électroniques (sans énergie de vibration et de rotation) connus à partir des données spectroscopiques et l'on a comparé ces valeurs à celles que donne la relation ci-dessus en posant la constante égale à l'énergie de dissociation 7,35 volts de la molécule neutre $X^1\Sigma_g^+$ en deux atomes neutres ^4S. On trouvera dans le tableau II les réactions correspondantes; le tableau I montre l'exactitude du bilan d'énergie. Pour la formation des niveaux *a*, C et Y on a deux réactions différentes possibles. Cela tient à la coïncidence numérique $2E_{^2P} = 3E_{^2D} = 7{,}11$ volts à 0,01 volt près.

Si l'on envisage toutes les réactions possibles à partir de trois atomes, on obtient encore d'autre niveaux moléculaires. Ce sont $e = 9{,}72$; $f = 14{,}47$; $g = 16{,}84$; $h = 18{,}03$ volts. On ne connaît pas de tels niveaux avec certitude (Van der Ziel a trouvé des bandes se rapportant à deux niveaux Σ dont l'un pourrait être identifié avec le niveau *h*).

La possibilité d'un processus purement atomique (cas *a* du tableau II) n'exclut pas celle d'une réaction mixte (cas *b* ou *c*). Le premier est plus probable dans un gaz raréfié comme la haute atmosphère; la seconde sera, par contre, plus aisément observable sous plus forte pression. Le cas *c* se déduit de *b* par élimination de B_0 à l'aide de la relation α_2. Le processus *a* sera le seul possible dans le cas où l'énergie d'excitation est inférieure aux 7,35 volts nécessaires à la formation de B_0 ou A_7. Il est à remarquer que, si l'énergie disponible est seulement de 2,37 volts (^2D), toutes les réactions *a* peuvent avoir lieu.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de diacides aliphatiques*. Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Avec les spectromètres déjà décrits [1], nous avons obtenu, entre 550 et 1550 cm^{-1} environ, d'une part les spectres d'absorption de dix diacides aliphatiques, répondant à la formule générale $HOOC-(CH_2)_n-COOH$ (n variant depuis zéro jusqu'à 12, excepté les valeurs 6, 10 et 11), et d'autre part onze acides maloniques substitués, répondant aux formules générales

$$\underset{\displaystyle R}{HOOC-\overset{}{CH}-COOH} \quad \text{ou} \quad \underset{\displaystyle R\quad R'}{HOOC-C-COOH}$$

(R et R' représentant des groupements aliphatiques, possédant de 1 à

[1] *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 155; **196**, 1933, p. 1011.

7 atomes de carbone). A notre connaissance, sauf l'acide oxalique [2], aucun de ces composés n'avait encore été examiné dans notre région spectrale. Après divers essais pour trouver un solvant convenable, les meilleurs résultats ont été obtenus avec des poudres ou avec de minces couches solides, obtenues par fusion entre deux lamelles de sel gemme ou de sylvine. Nous devons la plupart de ces acides à l'obligeance de Mme Ramart-Lucas, qui, avec ses collaborateurs, a mesuré leur absorption dans l'ultraviolet.

I. *Diacides non substitués.* — Si l'on excepte l'acide oxalique, tous les diacides possèdent : une bande faible aux environs de 680 cm^{-1}, une bande forte et souvent très large entre 900 et 920 cm^{-1} (886 pour l'acide malonique), une bande forte, qui se déplace de 807 ($n=2$), à 760 ($n=3$), à 735 ($n=4$), à 720-724 cm^{-1} ($n=5$ à $n=12$). Ainsi que nous l'avons déjà signalé à différentes reprises, cette dernière bande est bien en rapport direct avec le nombre des atomes de carbone de la chaîne carbonée. Mais, alors que, dans les spectres des monoacides successifs [3], on trouve plusieurs bandes, régulièrement distribuées entre 1100 et 1550 cm^{-1}, nous n'obtenons rien d'analogue ici, ni en examinant successivement deux diacides différant par un atome de carbone, ni en groupant les diacides en deux séries, à nombre pair, ou à nombre impair d'atomes de carbone.

Pour interpréter ces résultats, comme Mme Ramart-Lucas l'a montré [4] pour l'absorption dans l'ultraviolet, *il faut tenir compte de la position respective, dans l'espace, des deux fonctions acides.* Celle-ci peuvent devenir très voisines, alors que le nombre des atomes de carbone augmente. On peut admettre que les fréquences des vibrations d'ensemble d'une chaîne carbonée, comme celle des diacides, dépendent relativement peu de *l'enroulement* des molécules, de sorte que les bandes, situées à fréquences inférieures à 1050 cm^{-1} environ, qui leur correspondent, pourront présenter les régularités que nous avons signalées. Au contraire, entre 1100 et 1550 cm^{-1} (et même jusque vers 1750 cm^{-1}, en dehors de notre région) se placent des maxima directement en rapport avec les vibrations des groupements carboxylés. Les fréquences de certaines d'entre elles [en particulier celles d'une vibration de déformation du groupement OH, soit $\delta(OH)$, qui se place ici entre 1100 et 1200 cm^{-1}] dépendent vraisemblablement de

---

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1401.

(3) Cl. Duval, *Dictionnaire de Chimie*, **1**, 1939, p. 170.

(4) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 915.

l'éloignement dans l'espace de ces groupements. Celui-ci ne varie pas toujours dans le même sens, quand on s'élève dans la série des diacides, et c'est pourquoi nous ne retrouvons pas, dans la région de 1150 à 1550 cm^{-1}, de régularités comme dans le cas de monoacides (où la fonction carboxyle unique peut vibrer sans être influencée, à des degrés variables, par le deuxième carboxyle).

II. *Acides alcoyl-maloniques.* — Des régularités très nettes s'observent avec des maxima d'absorption vers 680 cm^{-1} (souvent assez fort) entre 775 et 790 cm^{-1} (fort), entre 910 et 930 cm^{-1} (très fort), entre 1230 et 1235 cm^{-1} (fort), entre 1400 et 1428 cm^{-1} (faible). Sauf le deuxième, ils rappellent ceux de l'acide malonique. Pour des chaînes substituées de plus de trois atomes de carbone, il apparaît une bande, qui se déplace régulièrement de 750 à 720 cm^{-1}, suivant la longueur de la chaîne. Les spectres des acides alcoyl-maloniques se rapprochent ainsi beaucoup plus de ceux des monoacides, à chaîne droite ou ramifiée, que de ceux des diacides précédents. Naturellement, on observe des différences importantes entre les spectres des acides maloniques substitués et ceux de leurs isomères (succinique et méthyl-malonique, glutarique et éthyl- ou diméthyl-malonique etc.).

Les acides disubstitués possèdent, entre 1120 et 1140 cm^{-1}, une bande $\delta(OH)$, qui se trouve nettement déplacée vers de plus faibles fréquences avec les acides monosubstitués ([5]). Ainsi donc, en considérant les termes successifs de l'une de ces séries, la configuration spatiale donne, aux groupements OH, les mêmes possibilités de vibration, ce qui explique l'existence de régularités du même ordre que dans le cas des monoacides, mais celles-ci sont différentes en passant à l'autre série. Nous arrivons ainsi, en les complétant, à des conclusions analogues à celles de Mme Ramart-Lucas, d'après ses études dans l'ultraviolet ([6]).

Remarque. — En relevant les spectres des mono ou des diacides et des acides alcoyl-maloniques à différentes températures, nous avons vu se modifier l'intensité de certaines bandes. Ainsi celle qui se place entre 900 et 930 cm^{-1} disparaît presque complètement, si l'on élève suffisamment la température, ce qui nous permet de l'attribuer à une vibration d'une molécule double. Nous avions trouvé un résultat analogue pour la bande de 947 cm^{-1} de l'aldéhyde éthylique ([7]).

([5]) Les acides isopropyl- et isobutylmalonique donnent des résultats particuliers probablement à cause de l'encombrement spatial du groupement substitué, qui est différent de celui des chaînes droites.

([6]) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 492.

([7]) *Recueil des Travaux chimiques des Pays-Bas*, **58**, 1939, p. 614.

PYROMÉTRIE OPTIQUE. — *Sur la mesure optique des températures de combustion dans les moteurs.* Note de M. **Lucien Reingold**, présentée par M. Aimé Cotton.

La méthode optique de Féry, pour la mesure des températures de *flammes non éclairantes*, s'applique aux cas des moteurs à explosion, en incorporant un peu d'alcoolate de sodium à l'essence. L'adjonction indispensable d'un dispositif stroboscopique laissant passer la lumière pendant une très petite fraction de la durée du cycle impose les mesures photographiques.

Doncescu (1) opérait en prenant successivement plusieurs clichés avec des températures différentes du filament lumineux, et en étudiant au microphotomètre les spectres obtenus pour situer par interpolation la température exacte de renversement entre les températures ainsi essayées.

Cette méthode, fort intéressante, suppose que les cycles successifs restent rigoureusement identiques pendant toute la durée de l'expérience, qui ne peut guère être inférieure à deux minutes; elle est fondée en effet sur la comparaison photométrique de spectres photographiés *successivement*.

Je me suis proposé d'éliminer cette cause d'erreur en réalisant une méthode basée sur l'observation d'un seul cliché enregistrant *simultanément* les éléments nécessaires à la mesure.

Si les fenêtres transparentes ménagées dans le moteur à la hauteur de la chambre d'explosion ont une surface suffisante pour laisser passer correctement les faisceaux venus de tous les points d'un filament lumineux assez long, on peut envisager l'emploi d'une méthode dérivée de celle que Ribaud a proposée pour la mesure visuelle de la température des flammes (2).

Elle utiliserait un filament dont la température varie d'une extrémité à l'autre grâce à une variation continue de sa section et dont on fait l'image sur la fente du spectroscope : on observe alors quel est le point du filament qui donne le renversement de la raie jaune. J'ajoute qu'il est possible d'éviter les difficultés sérieuses que comportent la construction et l'étalonnage d'un filament lumineux à températures étagées, en prenant comme source l'image réelle d'un

(1) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, N° 69, 1935.
(2) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 901.

filament ordinaire, à température uniforme, formée sur un coin absorbant, perpendiculairement à l'arête de celui-ci.

Mais, pour ne pas déformer la chambre d'explosion, on est conduit à utiliser des fenêtres transparentes de très petit diamètre; cela devient une nécessité si l'on emploie un très petit moteur expérimental.

J'ai été ainsi conduit à étudier une méthode de *fourchette* où l'on utilise seulement deux sources lumineuses ponctuelles à des températures de brillances différentes, dont on formera les images finales, très voisines l'une de l'autre, sur la fente du spectroscope. Un tâtonnement préalable permet de bien leur donner des températures qui encadrent la température à mesurer, et de déterminer celle-ci par une interpolation précise à partir de l'exploration microphotométrique des deux spectres où la raie D apparaît claire sur l'un et sombre sur l'autre.

On peut assurer le passage correct, à travers la fenêtre de sortie, des deux faisceaux qui ont pénétré par la fenêtre d'entrée, en formant des images réelles intermédiaires, très voisines l'une de l'autre, des deux sources, au voisinage immédiat de la fenêtre de sortie.

Les deux sources ponctuelles à températures différentes peuvent être deux lampes type *Pointolit*, dont les faisceaux seraient presque superposés par des prismes à réflexion totale convenablement disposés. Elle peuvent être réalisées au moyen d'une lampe spéciale à deux filaments iudépendants, parallèles et très voisins l'un de l'autre, dont les images sont perpendiculaires à la fente du spectroscope.

Il est plus simple d'employer une lampe ordinaire à filament unique dont une bi-lentille de Billet donne deux images réelles très voisines l'une de l'autre. Un écran neutre absorbant, interposé sur l'un des deux faisceaux, réalise l'écart désiré entre les deux températures de brillance. Les deux images réelles ainsi formées constituent la lampe-tare à utiliser pour les mesures, réalisant les conditions théoriques et pratiques d'un dispositif différentiel précis et facilement réglable.

Ces dispositifs s'appliquent, sans modification d'appareillage, à la mesure des températures des *flammes éclairantes* (méthode de Kurlbaum).

OPTIQUE. — *Dispersion des effets Kerr et Cotton-Mouton.*
Note de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

On se préoccupe généralement, dans l'étude de la dispersion des biréfringences électriques ou magnétiques, de voir dans quelle mesure la

formule de Havelock ou les formules plus récentes de Born et Serber par exemple, traduisent les résultats expérimentaux. Malgré l'intérêt théorique présenté par ces formules, il m'a paru utile de rechercher si dans bien des cas on ne pouvait pas exprimer *directement* les constantes de Kerr ou de Cotton-Mouton en fonction de la longueur d'onde.

Par analogie avec la formule que j'ai trouvée pour la double réfraction du quartz ([1]), j'ai essayé des relations de la forme

$$B = \frac{A_1\lambda}{\lambda^2 - \lambda_1^2} \qquad C = \frac{A_2\lambda}{\lambda^2 - \lambda_2^2}$$

où B et C sont les constantes de Kerr et de Cotton-Mouton et λ la longueur d'onde.

I. J'ai trouvé que, dans un grand nombre de cas, ces formules permettent de représenter de façon satisfaisante (erreurs inférieures à 1 %) les résultats expérimentaux. (La courbe obtenue en portant λ^2 en abscisses et λ/B ou λ/C en ordonnées est une droite.)

Je donnerai ici l'exemple de l'oxygène liquide dont les biréfringences électriques et magnétiques ont été mesurées récemment ([2]). Dans le spectre visible, la biréfringence électrique (à $T = 80^\circ$ K) est donnée par

$$B = \frac{5,28.10^{-3}.\lambda}{10^{-6}.\lambda^2 - 1,2}.B_{5460}$$

(où λ est exprimée en Å) et la biréfringence magnétique (à $T = 90^\circ$ K) par

$$C = \frac{5,05.10^{-3}.\lambda}{10^{-6}.\lambda^2 - 2,2}.C_{5460},$$

avec des erreurs moyennes respectivement égales à 5 ‰ et 1 ‰, comme le montre le tableau suivant.

	B/B_{5460}			C/C_{5460}		
λ.	observé.	calculé.	Écart ‰	observé.	calculé.	Écart ‰
6400	0,856	0,850	−7	–	–	–
5780	0,944	0,948	+4	$0,934_5$	0,935	+1
5460	1,000	1,008	+8	1,000	0,999	−1
4916	1,124	1,130	+5	–	–	–
4360	–	–	–	1,310	1,310	0
4358	1,294	1,293	−1	–	–	–
4047	1,418	1,408	−7	–	–	–

([1]) R. SERVANT, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 641. J'ai trouvé aussi que ce type de formule s'applique à d'autres cristaux, en particulier au spath.

([2]) R. GUILLIEN, *Annales de Physique*, 8, 1937, p. 555; P. LAINÉ, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1218.

Pour l'oxygène liquide (3), on voit que les biréfringences (de signes opposés) ne sont pas exactement proportionnelles, ce qui se traduit par un léger écart entre les valeurs λ_1 et λ_2. Ce fait est d'ailleurs général.

II. Il sera intéressant de voir comment la formule que je propose, qui laisse prévoir l'augmentation rapide des biréfringences et leur changement de signe vers les courtes longueurs d'onde, continuera de s'appliquer dans l'ultraviolet où il n'existe à l'heure actuelle que très peu de mesures.

Il est cependant un cas où les mesures ont été déjà faites (pour l'effet Kerr) aussi bien dans l'infrarouge (4) que dans le visible et l'ultraviolet (5). C'est celui du *chlorobenzène*. Là encore, les résultats peuvent être représentés de façon satisfaisante par une formule du type proposé

$$B = \frac{4,89.10^{-3}.\lambda}{10^{-6}.\lambda^2 - 3,2} . B_{5460}$$

(où λ est exprimé en Å), *valable de* 12000 Å *à* 3130 Å, *avec une erreur moyenne de* 7 °/₀₀, comme le montre le tableau suivant.

λ	B/B_{5460} Observé.	Calculé.	Écart °/₀₀	λ.	B/B_{5460} Observé.	Calculé.	Écart °/₀₀
12000.....	0,423	0,417	−14	5870.....	0,939	0,936	− 3
11000.....	0,461	0,457	− 9	5460.....	1,000	1,003	+ 3
10000.....	0,508	0,505	− 6	4360.....	1,365	1,349	−12
9000.....	0,564	0,566	+ 4	4050.....	1,484	1,500	+11
8000.....	0,635	0,643	+13	3660.....	1,758	1,755	− 2
7000.....	0,736	0,747	+15	3340.....	2,036	2,053	+ 8
6000.....	0,892	0,895	+ 3	3130.....	2,322	2,320	− 1
5890.....	0,917	0,915	− 2				

La biréfringence magnétique du chlorobenzène, qui n'a été étudiée que dans le spectre visible (6), est d'ailleurs donnée de son côté par

$$10^{13}.C = \frac{43,7.10^{-3}.\lambda}{10^{-6}.\lambda^2 - 3}$$

à 5 °/₀₀ près.

(3) L'oxygène liquide est en réalité un mélange des *polymères* O^2 et O^4; il est intéressant de noter ici qu'on peut employer pour lui des formules à *un* terme.

(4) L. R. Ingersoll et Wesley R. Winch, *Physical Review*, 44, 1933, p. 399.

(5) G. Szivessy et A. Dierkesmann, *Annalen der Physik*, 3, 1929, p. 507.

(6) G. Szivessy, *Zeitschrift für Physik*, 18, 1923, p. 97.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres de vibration et tautomérie des dérivés nitrés aliphatiques.* Note de MM. **Jean-Paul Mathieu** et **Daniel Massignon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons examiné les spectres de vibration du nitrométhane, du nitroéthane et du nitropropane, et avons cherché à leur comparer ceux de leurs sels de sodium. Les spectres Raman de ces derniers corps, qui sont solides à la température ordinaire et se décomposent par fusion, ne peuvent être étudiés qu'en solution dans l'eau ([1]). Seul, le dérivé du nitropropane est, dans ces conditions, assez peu coloré et assez stable pour pouvoir donner commodément un spectre Raman; nous avons utilisé une solution à 60 % dans la soude décinormale, afin de restreindre l'hydrolyse qui, toutefois, est encore la cause probable de l'existence d'un fond continu important.

Nous ne donnerons ici que les résultats expérimentaux relatifs au nitropropane et à son dérivé sodé, renvoyant, pour l'étude des autres dérivés nitrés et la discussion détaillée de leurs spectres, au travail de l'un de nous ([2]). Dans le tableau suivant, les fréquences sont données en cm^{-1}; ρ est le facteur de dépolarisation des bandes (P polarisée, D dépolarisée), et leurs intensités sont notées : TF très forte, F forte, m moyenne, f faible, tf très faible.

Nitropropane.

Infrarouge...	–	–	–	–	543.	598.	624.	651.	715.	735.
Raman......	252.	279.	344.	476.	–	611.	–	–	–	–
ρ...........	?	?	0,41	0,72	–	0,39	–	–	–	–
Intensité.....	tf	tf	f	f	–	m	–	–	–	–
Infrarouge...	783.	822.	888.	–	943.	1028.	1107.	1220.	–	–
Raman......	796.	–	873.	899.	–	1042.	1126.	1231.	1274.	1315.
ρ...........	P	–	0,20	0,36	–	0,83	0,30	0,87	0,47	P
Intensité.....	tf	–	F	F	–	m	f	f	f	tf
Infrarouge...	–	1360.	1453.	–	–	–	–	–	–	
Raman......	1339.	1379.	1439.	1460.	1553.	2882.	2944.	2964.	3005.	
ρ...........	P	0,31	0,88	0,89	0,92	0,66	0,43	D	D	
Intensité.....	tf	TF	F	F	F	F	TF	m	tf	

([1]) V. Meyer, *Ann. der Chem.*, **171**, 1874, p. 29.

([2]) D. Massignon, *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 1940, n° 766.

Sel de sodium du nitropropane.

Infrarouge...	–	–	–	860.	–	960.	–	1087.
Raman......	386.	548.	791.	–	903.	957.	1039.	–
ρ..........	?	?	P	–	P	?	0,20	–
Intensité.....	tf	tf	tf	–	f	f	m	–

Infrarouge...	–	–	–	1430.	–	–	–	–
Raman......	1261.	1300.	1346.	1440.	1455.	1586.	1662.	2938.
ρ..........	P	0,42	?	D?	D?	0,23	?	P
Intensité.....	m	m	f	m	m	TF	tf	m

La comparaison du spectre de vibration du nitropropane avec ceux du nitrométhane et du nitroéthane pemet d'attribuer un certain nombre de fréquences observées à des oscillations fondamentales de sa molécule. Les bandes C—H se retrouvent peu déplacées dans le spectre du dérivé sodé : fréquences de valence vers 2940 et 3000, fréquences de déformation antisymétrique 1440 et 1455 (1439 et 1460 pour le nitropropane : dédoublement peut-être dû à deux formes de la chaîne carbonée) et fréquences de déformation symétriques 1300 et 1346.

Au contraire, on constate ici que les fréquences caractéristiques du radical NO^2 des dérivés nitrés (fréquences de valence symétrique $1379\text{-}1360_{ir}$ et antisymétrique 1553, de déformation $611\text{-}598_{ir}$) sont absentes du spectre Raman du dérivé sodé; le spectre d'absorption infrarouge ([3]), étudié sur le produit solide, pulvérisé et en couche mince, ne montre pas non plus les fréquences caractéristiques du groupe NO^2. Cependant, la faible bande 1662 serait peut-être à rapprocher de la vibration N=O (vers 1640) des nitrites.

La liaison C—N des dérivés nitrés est caractérisée par une forte bande polarisée qui se trouve à 917 (CH^3NO^2), 878 ($C^2H^5NO^2$) et 873-899 ($C^3H^7NO^2$). Le spectre du sel de sodium ne la contient plus. Toutefois, on trouve une très faible bande 903, due peut-être à des traces du composé primitif régénéré par hydrolyse. Il existe par contre une bande polarisée, la plus intense du spectre, située à 1586 cm^{-1}, qui n'a pas son équivalent dans le spectre des dérivés nitrés. Par son ordre de grandeur, cette fréquence se place dans la région des vibrations C=N étudiées par Kohlrausch ([4]).

L'ensemble de ces résultats fournit des renseignements sur la tautomérie

---

([3]) Nous devons l'étude de ces spectres à l'obligeance de M. Lecomte.

([4]) Kohlrausch et Seka, *Z. physik. Chem.*, B, 38, 1937, p. 72.

des dérivés nitrés aliphatiques simples, admise depuis longtemps ([5]), mais en faveur de laquelle on ne connaissait jusqu'ici que des différences d'absorption dans l'ultraviolet ([6]). L'étude des spectres de vibration permet de préciser les différences de structure entre les deux formes tautomères et s'accorde avec l'existence des formules proposées par Nef ([7])

$$R-CH^2-N\genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow O} \qquad\qquad R-CH=N\genfrac{}{}{0pt}{}{\nearrow O}{\searrow OH}$$

(I). (II).

(I) représente la forme nitrée vraie, (II) la forme *aci*, instable tant que l'atome d'hydrogène du groupe OH n'est pas remplacé par un métal alcalin.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption des acétylacétonates de néodyme et samarium à l'état solide; influence de l'eau de cristallisation.* Note de M^me^ **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le mode de liaison de l'hydrogène ou des métaux dans l'acétylacétone et les acétylacétonates, le mode de fixation de l'eau sur ces molécules et en général dans les cristaux, ont fait l'objet de nombreuses discussions. On a fréquemment utilisé pour l'étude de ces liaisons les spectres infrarouge et Raman ([1]), qui indiquent surtout les modes de vibration des atomes, la présence et l'intensité des liaisons. Mais, pour *pouvoir préciser la nature électronique de ces liaisons, il convient, comme Jean Becquerel et Jones l'avaient déjà signalé, de s'adresser aux composés présentant des bandes d'absorption d'origine électronique tels que les sels de terres rares ou d'uranyle. C'est dans cet esprit que nous avons examiné systématiquement l'influence de la déshydratation sur les spectres d'absorption* (*entre* 0,4 *et* 0$^{\mu}$,6) *des acétylacétonates de néodyme et de samarium* $(CH^3COCHCOCH^3)^3Me$ ([2]).

([5]) Sidgwick, *The Organic Chemistry of Nitrogen*, Oxford, 1937.

([6]) A. Hantzsch et K. Voigt, *Ber. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 85.

([7]) *Ann. der Chem.*, 280, 1874, p. 263.

([1]) Voir par exemple N. V. Sidgwick, *Théorie électronique de la valence*, Oxford, 1932; G. Urbain, *La coordination des atomes*, Paris, 1933; J. Cabannes, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 700; R. Freymann, *Journ. Phys.*, 9, 1938, p. 517 et 10, 1939, p. 1; *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 944; J. Lecomte et R. Freymann, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1401.

([2]) Ces substances ont été préparées par M^lle^ M. Radoitchitch (*Thèse*, Paris, 1939).

Méthode d'étude. — Les spectres d'absorption ont été photographiés à l'aide d'un spectromètre à prismes par la méthode de *réflexion* sur les poudres déjà décrite ([3]); le support de la poudre est placé dans un vase de Dewar transparent qui peut être rempli d'azote liquide; les spectres ont pu être obtenus ainsi à 288°K et à 78°K. En ce qui concerne le néodyme, nous avons examiné d'une part l'acétylacétonate hydraté, d'autre part ce sel mis au dessiccateur pendant 1, 13, 24, 52, 102, 264 heures (pertes de poids correspondantes, 0,9; 1,3; 1,7; 4,9; 5,1; 6,4 %).

Résultats. — Le tableau ci-dessous indique, pour divers temps de dessiccation de l'acétylacétonate de néodyme, les fréquences des bandes en cm^{-1} et leurs intensités en unités arbitraires (de 10 à 0), à 78°K. Nous publierons ailleurs les résultats relatifs : 1° à l'acétylacétonate de Sm (à 288 et 78°K) hydraté ou partiellement déshydraté; 2° au sulfate de Nd hydraté et anhydre (288 et 78°K); 3° aux sels d'uranyle.

De l'ensemble des résultats obtenus on tire les conclusions suivantes :

1° *Suivant la nature de la liaison : chlorure, sulfate ou acétylacétonate etc., les spectres sont nettement modifiés.*

2° *Quand on passe du composé hydraté au composé anhydre, certaines bandes se déplacent vers les basses fréquences,* exemple : 23249 — 23229; pour l'acétylacétonate de Nd ce déplacement est de 20 ou 45 cm^{-1} environ.

3° Par déshydratation systématique de l'acétylacétonate de Nd *ce déplacement se traduit par la disparition (apparente) de certaines bandes et l'apparition (apparente) de nouvelles;* les unes correspondent au composé hydraté $(C^5H^7O^2)^3Nd$, $2H^2O$ les autres au composé anhydre $(C^5H^7O^2)^3Nd$; *en aucun cas le déplacement n'est continu.*

Hydraté.		24H.		52H.		264H.		Δν.
23797	1							
23724	5							
23249	9	23249	7	23249	6	Absente		20
Absente		23228	3	23228	6	23229	7	
		8 raies faibles de 21885 à 21387						
21239	5	21238	5	21238	4	21233	4	
21183	5	21184	4	21184	2	Absente		39
Absente		Absente		21144	1	21144	2	
21078	4	21077	3	21077	3	21073	3	
21029	4	21029	3	21034	1			

([3]) Mme T. GUILMART et R. FREYMANN, *Revue d'Optique*, 17, 1938, p. 199.

Hydraté.		$_{24}$H.		$_{52}$H.		$_{264}$H.		Δν.
20989	4	20994	3	20990	3	20990	3	
20972	4	20972	3	20972	3	20968	3	17
Absente		Absente		20950	2	20955	3	
20941	4	20941	3	20941	2	Absente		44
20893	0	20897	1	20897	2	20897	2	
Absente		Absente		20867	1	20867	1	
20858	0	20858	0	20858	1	20858	1	
20836	0							
				20793	0	20793	0	
19899	1							
19759	0							
19631	0							
19568	7	19568	6	19568	6	19568	6	
19522	7	19522	5	19522	4	19522	3	
19473	3	19469	3	19465	4	Absente		18
Absente		Absente		Absente		19455	5	
19429	4	19431	2	19423	1	Absente		82
Absente		Absente		Absente		19397	9	
19383	1	19386	2	19386	2	19388	2	
19262	5	19262	5	19262	5	19266	5	
19126	10	19126	8	19126	5	Absente		48
Absente		19078	5	19078	7	19078	10	
19024	10	19024	8	19024	5	Absente		21
Absente		19002	1	19002	5	19003	10	
18977	7	18977	7	18973	8	18963	9	
18940	10	18945	9	18945	6	Absente		33
Absente		18909	6	18909	7	18907	10	
18893	0	Absente		Absente		Absente		
Absente		18866	1	18866	3	18866	5	
18841	3	18841	2	18841	3	Absente		
18803	3	18802	4	18802	4	18802	5	
		15 raies faibles de 18746 à 17634						
17478	10	17474	10	17474	10	17471	10	
17390	9	17389	8	17389	5	Absente		19
Absente						17371	4	
17347	1	17345	3	17345	4	17341	5	
17306	5	17306	4	17306	4	17302	5	19
Absente						17287	4	
17260	10	17258	9	17258	6	Absente		
17251	10	17252	9	17252	6	17248	1	77
17171	0	17171	6	17171	6	17174	10	
17127	6	17127	4	17127	1	Absente		44
Absente		17086	6	17086	6	17083	10	
17057	0	17059	1	17059	1	17054	2	

Hydraté.	24H.	52H.	264H.	Av.
Absente	17004 6	17004 6	17005 7	
16993 7	16993 6	16990 4	16990 4	
16927 1	Absente	Absente	Absente	20
Absente	16906 4	16906 4	16907 5	
16853 4	16852 4	16852 3	Absente	57
Absente	16797 0	16797 0	16796 1	
16761 0				
16665 0				
			16587 0	

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des sels biliaires sur la densité optique des suspensions de gomme-gutte.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mme **Suzanne Anglade-Thévenet**, présentée par M. Marcel Delépine.

1. Loiseleur et Schmitz [1] ont montré qu'on pouvait diminuer la dimension des grains d'une suspension de gomme-gutte obtenue par dilution d'une solution alcoolique de résine en introduisant dans cette solution une substance tensio-active (oléate de Na, palmitate de K) dont le rôle serait, d'après les auteurs, de modifier l'énergie superficielle intervenant dans la formation des sphérules de gomme-gutte. La présence de ces substances sous des concentrations croissantes se traduit par une diminution progressive de l'intensité de la lumière diffusée, indiquant une diminution concomitante du rayon des sphérules.

2. L'oléate de Na et le palmitate de K étant difficilement solubles dans l'alcool, nous avons repris les expériences précédentes avec les sels biliaires, qui sont au contraire très solubles dans l'alcool. D'autre part, étant donné que l'intensité de la lumière diffusée ne renseigne qu'assez imparfaitement sur les dimensions des particules en suspension [2], nous avons porté notre attention sur la densité optique des suspensions obtenues; cette densité optique a été déterminée, en lumière rouge, au moyen du photomètre de Vernes, Bricq et Yvon.

Les suspensions étaient préparées en versant, goutte à goutte, 5^{cm^3} d'une solution alcoolique de gomme-gutte, à 5^g pour 100^{cm^3} d'alcool absolu, dans 100^{cm^3} d'eau distillée. Le tableau suivant donne les densités optiques δ mesurées aussitôt après l'obtention des suspensions de gomme-gutte en

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **132**, 1939, p. 435.
(2) A. Boutaric, *Revue d'Optique*, **11**, 1932, p. 145.

fonction de la quantité *c* de sels biliaires contenue dans les 5^{cm^3} de la solution alcoolique de gomme-gutte; il donne également le nombre de gouttes *n* fournies par 5^{cm^3} de la suspension avec le compte-gouttes de Duclaux.

c	0.	0,10.	0,15.	0,20.	0,25.	0,50.
δ	3,80	2,37	2,34	2,24	1,74	1,17
n	121	134,5	137,5	142	144	154,5

A la température ambiante (18°), les suspensions sont le siège d'une évolution progressive se traduisant par un accroissement de la densité optique en fonction du temps ainsi que le montrent les valeurs ci-dessous de ces densités optiques, mesurées au bout de temps croissants (en jours).

c.	0.	1.	2.	3.	10.	15 jours.
0	3,80	4,81	4,96	5,01	5,24	–
0,10	2,37	3,84	4,20	4,39	5,10	–
0,25	1,74	2,97	3,20	3,35	4,0	4,19
0,50	1,17	2,48	2,68	2,88	3,57	3,80

Les courbes représentant la variation de δ en fonction du temps pour les diverses suspensions s'échelonnent les unes au-dessous des autres dans l'ordre des teneurs croissantes en sels biliaires.

Si l'on introduit les sels biliaires dans l'eau servant à diluer la solution alcoolique à raison de *c* g. pour 100^{cm^3}, on n'observe plus aucune diminution sensible de la densité optique de la suspension obtenue. Les sels biliaires n'agissent que lorsqu'on les dissout dans la solution alcoolique de gomme-gutte.

3. Les sels biliaires étant constitués par un mélange complexe de sels parmi lesquels figurent le glycocholate et le taurocholate de Na, nous avons étudié séparément l'action de ces deux sels; les résultats ci-dessous donnent les densités optiques δ et les nombres de gouttes *n* relatifs aux suspensions préparées à partir des solutions alcooliques contenant l'un ou l'autre des 2 sels.

c.	δ(G).	*n*(G).	δ(T).	*n*(T).
0	3,80	121	3,80	121
0,05	2,58	128	3,80	127
0,1	2,08	130,5	3,60	130
0,2	1,51	136	2,58	139

Bien que le taurocholate présente une activité comparable à celle du glycocholate en ce qui concerne la variation de la tension superficielle

mesurée par le nombre de gouttes, sa présence n'entraîne qu'une faible diminution de la densité optique des suspensions. Cette constatation permet déjà de douter que la diminution de la grosseur moyenne des granules obtenue par addition de divers savons dans la solution alcoolique de gomme-gutte, puisse être uniquement rattachée aux variations de la tension superficielle produites par cette addition.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Photooxydes d'anthracènes bisubstitués en* 1.4. Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Léon Velluz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Parmi les corps anthracéniques étudiés jusqu'ici pour leur propriété de contracter une union labile avec l'oxygène, l'un d'eux, le mésodiphénylanthracène diméthylé en 1.4 (I), se met tout à fait à part en ce que son oxyde est déjà dissociable à froid (1) alors que les autres oxydes anthracéniques ne se dissocient guère avant d'atteindre les environs de 200°. Nous avons recherché si des substituants autres que le méthoxyle, $O\text{-}CH^3$, ne jouissaient pas du même pouvoir de mobiliser l'oxygène.

Nos essais ont eu pour objet de faire ressortir deux influences possibles : celle de l'électronégativité et celle du relâchement des liaisons en méso. De l'électronégativité était à attendre un effet répulsif favorable au décrochement de la molécule d'oxygène : en pareil cas, le chlore devrait se montrer actif. Un résultat similaire s'obtiendrait également si l'on réussissait à atténuer la solidité de la liaison avec le carbone méso. Celui-ci étant un véritable carbone triarylméthylique (2), l'effet escompté devrait être réalisé par le phényle puisque le phényle, introduit en para, affaiblit la quatrième valence du carbone triphénylméthylique au point d'empêcher toute union avec un radical similaire, et par là de rendre intégralement dissociable à froid l'éthane correspondant, l'hexadiphényléthane par exemple.

En plaçant deux chlores ou deux phényles en 1.4, on mettait ces substituants en ortho par rapport aux carbones méso, c'est-à-dire en bonne position pour l'action à exercer.

A. *Influence du chlore; Photooxydiphényl*-9.10-*dichloro*-1.4-*anthracène*. — L'hydrocarbure chloré est préparé par la méthode usuelle, c'est-à-dire par l'action du bromure de phénylmagnésium sur la dichloro-1.4-anthra-

(1) Ch. Dufraisse, M. et Mme L. Velluz, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1822.

(2) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 428 et 438.

quinone. On obtient le diquinol correspondant (diphényl-9.10-dihydroxy-9.10-dihydro-9.10-dichloro-1.4-anthracène, $C^{26}H^{18}O^2Cl^2$), cristaux incolores, fondant instantanément avec décomposition vers 215°. Réduit par l'acide iodhydrique, le diquinol se transforme en diphényl-9.10-dichloro-1.4-anthracène ($C^{26}H^{16}Cl^2$) (II), cristaux jaunes, fondant instantanément (bloc de Maquenne) à 178-179°.

L'irradiation à la lumière solaire a été opérée en liqueur sulfocarbonique à 1 °/₀₀. Le photooxyde résultant, $C^{26}H^{16}O^2Cl^2$, prismes incolores, se dissocie vers 195-200°, en libérant 77 % de son contenu d'oxygène.

Non seulement cette libération n'est pas facilitée par la présence du chlore, puisque le point de dissociation n'est pas abaissé par rapport à celui du photooxydiphénylanthracène simple, mais il semble même qu'elle soit entravée, puisque le rendement en oxygène libre est inférieur [77 au lieu de 95 % ([3])].

B. *Influence du phényle.* — Elle a été recherchée sur le tétraphényl-1.4.9.10-anthracène, (III)-*a* et le diphényl-1.4-anthracène, (III)-*b* ([4]).

Photooxytétraphénylanthracène ($C^{38}H^{26}O^2$). — Il se forme par irradiation assez prolongée (2 heures 30 minutes en juin) en solution sulfocarbonique à 1 pour 1500. Il est en cristaux incolores, qui se dissocient au-dessus de 200° (200-210°) en libérant 87 % de leur contenu d'oxygène. Ici la température de dissociation est nettement remontée, ce qui témoignerait d'une résistance plus grande à la rupture entre la molécule d'oxygène et le substrat carboné.

Photooxydiphénylanthracène ($C^{26}H^{18}O^2$). — Les solutions sulfocarboniques de l'hydrocarbure se décolorent rapidement (15 minutes en juin) et fournissent le photooxyde en prismes incolores. Chauffé progressivement, le produit se décompose de manière brusque vers 175°, sans dégager de gaz.

Ainsi qu'il fallait s'y attendre en raison de la présence de deux hydrogènes sur les mésocarbones ([2]), et spécialement par comparaison avec l'anthracène simple ([5]), il n'y a pas de dissociation. Cependant ici encore, comme dans l'exemple précédent, les phényles se comportent en stabilisa-

---

([3]) CH. DUFRAISSE et J. LE BRAS, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 349.

([4]) CH. WEIZMAN, E. BERGMANN et L. HASKELBERG, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 391. Les échantillons nous ont été procurés par les auteurs, à qui nous adressons nos remercîments.

([5]) Ch. DUFRAISSE et M. GÉRARD, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 428.

teurs du photooxyde, puisque la température de décomposition est notablement plus haute que celle du photooxyanthracène simple ([5]).

Conclusion. — Le chlore et le phényle en 1.4 n'ont pas le pouvoir de rendre plus labile l'oxygène des photooxyanthracènes : leur influence serait même plutôt de sens opposé.

Il s'ensuit que la curieuse propriété mobilisante exercée vis-à-vis de l'oxygène par les méthoxyles ne doit pas être rapportée à leur électronégativité, non plus qu'à leur effet de relâchement sur la quatrième valence des mésocarbones.

C^6H^5 OCH^3 — C^6H^5 OCH^3 (I). C^6H^5 Cl — C^6H^5 Cl (II). R C^6H^5 — R C^6H^5 (III). $\left\{ \begin{array}{l} a,\ R = C^6H^5; \\ b,\ R = H. \end{array} \right.$

CHIMIE MOLÉCULAIRE. — *Structure des protéines.* Note de M. **Dikran Dervichian**, présentée par M. Charles Mauguin.

La molécule de protéine en solution serait constituée par une double couche d'acides aminés. Chacune de ces deux couches, accolée à l'autre par sa face hydrophobe (ensemble des chaînes latérales du type leucine) et tournant vers l'eau sa face hydrophile (groupes polaires des chaînes latérales du type arginine ou acide aspartique), reproduit la couche monomoléculaire que l'on obtient en étalant une protéine à la surface de l'eau. D'après l'espace connu occupé par un reste aminoacide dans une couche monomoléculaire, on calcule que la particule d'une protéine de la classe 35000 se présenterait sous la forme d'un objet aplati de 55 à 65 Å de côtés et 18 à 12 Å d'épaisseur. Le rapport de dissymétrie serait de 3 à 5,5. Appliquant les calculs de Herzog, Illig et Kudar et de F. Perrin aux données de Svedberg, A. Polson ([1]), assimilant les molécules de protéines à des ellipsoïdes aplatis, trouve, pour la même classe, des rapports d'axes allant de 2,5 à 5,5. D'après l'hypothèse que je propose, le rapport de dissymétrie croîtrait avec le poids moléculaire.

Dans chacune des deux couches accolées, l'ensemble des différents

(1) *Kolloid Z.*, 88, 1939, p. 51.

aminoacides constituerait un véritable cristal mixte à deux dimensions. Les têtes aminoacides α seraient maintenues aux sommets d'un réseau hexagonal ([2]). En joignant les positions des acides aminés de même espèce, on obtient, superposé à ce réseau élémentaire, une espèce de superstructure de même symétrie hexagonale. En particulier, les deux ensembles de chaînes latérales polaires et non-polaires, placés de part et d'autre du réseau élémentaire, constituent deux réseaux hexagonaux centrés, décalés l'un sur l'autre. Les dimensions atomiques laissent juste la place pour un assemblage avec un arrangement alterné, c'est-à-dire avec les chaînes latérales alternativement polaires et non-polaires dirigées, suivant le cas, vers le haut ou vers le bas du feuillet. Cette structure semble en accord avec le diagramme de Patterson obtenu dans l'analyse de l'insuline aux rayons X par D. Crowfoot ([3]).

Voici les raisons en faveur de la formation d'une telle molécule. Les expériences de Langmuir sur les couches de protéines prélevées montrent de façon évidente qu'elles présentent une face hydrophile et une face hydrophobe. Pour passer en solution, la molécule est forcée de dissimuler ses parties hydrophobes vers son intérieur, se présentant comme une micelle de savon ou une gouttelette d'émulsion, avec cette différence que pour la particule de protéine la couche superficielle est constituée par les groupements différents d'une même molécule. Les différents aminoacides assemblés constituent une couche mixte. Or Schulman et Cockbain ([4]) ont montré que les émulsions les plus stables sont obtenues avec des couches protectrices mixtes. Leur étude fait suite, en les répétant à l'interface huile-eau, aux phénomènes d'interactions moléculaires mis en évidence dans les couches monomoléculaires étalées sur l'eau ([5]). Des substances solubles, et par suite incapables de donner une couche d'adsorption stable, injectées dans l'eau sur laquelle est formée une couche normale, peuvent la *pénétrer* et former avec elle une couche mixte encore plus stable. La formation de complexes entre les deux espèces de molécules, dans des rapports stœchiométriques de 1.1, 1.2, 1.3, a été mise en évidence. Il

---

([2]) Il ne s'agit pas, comme dans la théorie de Wrinch, d'un repliement de la chaîne peptidique suivant certains contours hexagonaux non jointifs.

([3]) Voir J. D. Bernal, *Proc. Roy. Soc.*, A, **170**, 1939, p. 76.

([4]) *Trans. Farad. Soc.*, 36, 1940, p. 651.

([5]) Schulman et Rideal, *Proc. Roy. Soc.*, B, **122**, 1937, p. 29 et 46; Schulman et Stenhagen, *ibid.*, B, **126**, 1938, p. 256.

s'agit de corps, comme l'alcool cétylique et le cétyl-sulfate de sodium, qui, surtout en présence de l'eau, ne peuvent donner de composés du sens chimique du mot.

Si au lieu de deux constituants, nous en envisageons une quinzaine, nous nous trouvons dans les conditions qui président à la synthèse de la protéine sur une surface catalysante. L'hétérogénéité des chaînes et leur espace restreint impose la symétrie hexagonale, et cette symétrie a pour conséquence que le nombre d'aminoacides d'une même variété, entourant un aminoacide différent, soit un multiple de 2 ou de 3. Nous retrouvons ainsi la règle que Bergmann et Niemann ([6]) ont établie par voie d'analyse chimique.

Les couches mixtes sont stables dans des domaines assez étendus de variations de la concentration de la solution sous-jacente, mais il est probable que, suivant le domaine de concentration, un complexe d'une certaine composition est plus stable qu'un autre. On conçoit donc que, lors de la synthèse de la protéine, la composition de la couche complexe et corrélativement la structure géométrique et le poids moléculaire soient conditionnés par la concentration des différents aminoacides dans la solution mère; cette concentration pouvant d'ailleurs varier dans un certain domaine. Inversement, si, dans le liquide qui baigne la molécule constituée, l'on dissolvait un aminoacide pouvant rentrer dans sa constitution, on peut s'attendre à ce que se produise un déséquilibre dans l'édifice et une évolution vers une nouvelle répartion superficielle, créant des unités plus petites ou plus grandes, mais dont le rapport avec la masse de la molécule initiale ne peut être qu'un multiple de 2 et 3. Ceci expliquerait la dissociation des protéines en molécules sous-multiples sous l'action des aminoacides, de l'urée etc.

Chaque feuillet de la molécule de protéine constitue en somme le plus petit élément à symétrie hexagonale que l'on puisse constituer en associant différents aminoacides dans des proportions variables, mais à choisir dans la série des nombres $2^n.3^m$. On ne peut retirer un aminoacide du réseau ou en ajouter un sans que tout l'édifice ne s'écroule ou du moins sans que le nombre total des constituants ne passe à une nouvelle réparti- tion. Telle serait la signification des variations discrètes et du groupement en multiples trouvés par Svedberg dans la série des poids monomoléculaires des protéines.

([6]) *J. Biol. Chem.*, **115**, 1936, p. 77; **118**, 1937, p. 301.

LITHOLOGIE. — *Sur un nouveau gisement de basalte dans les Vosges.* Note de M. **René Weil.**

Nous avons constaté l'existence d'un gisement basaltique dans la région de Guebwiller près du lieudit Peternit, au pied du Geiskopf, un peu au-dessus d'un sentier, à l'altitude de 600^m environ. L'affleurement a pu être dégagé de la couche d'humus qui le recouvrait (forêt de sapin) sur une longueur de 4^m. La roche encaissante est le porphyre brun (andésite) du Geiskopf.

Ce basalte est si fortement désagrégé qu'il s'émiette sous la pioche. Il est de couleur jaune et ne se distingue pas extérieurement des grauwackes altérées que l'on trouve près de Guebwiller. Cependant, dans la cassure, on reconnaît facilement les vestiges de cristaux d'olivine qui peuvent atteindre de 2 à 3^{mm} et sont transformés en mica noir. C'est cette transformation de haute température en biotite qui a préservé les cristaux d'olivine d'une altération ultérieure en serpentine et leur a permis de conserver leurs formes cristallines (m, e^1, g^1). Certains cristaux paraissent s'être transformés en un seul individu de mica : ils montrent un clivage et une extinction uniques. D'autres cristaux d'olivine n'ont pas été transformés en mica mais en serpentine réticulée, suivant le processus habituel.

On ne constate la présence ni de pyroxène ni d'amphibole, même sous forme de microlites; des pseudomorphoses en oligiste, qui sont assez abondantes, paraissent devoir être rapportées au péridot plutôt qu'à l'une de ces espèces. La magnétite non transformée en limonite est rare.

Les feldspaths, reconnaissables à leurs formes, ont été complètement transformés en séricite et non en saussurite comme on aurait pu s'y attendre. L'altération est la même pour les phénocristaux et pour les microlites de la pâte. L'abondance de ces feldspaths est assez grande pour que la roche puisse être considérée comme un basalte et non comme une péridotite; aucun autre minéral tels que néphéline, leucite, mélilite, qui permettrait une dénomination plus précise, n'a pu être déterminé.

L'aspect de la pâte recristallisée rappelle celui de la nontronite. On constate en outre, dans la pâte, des amygdales microscopiques formées d'une zone externe de biotite et de gœthite et d'une zone interne de muscovite un peu verdâtre disposée en lamelles perpendiculaires au contour de l'amygdale et plus ou moins mélangée de petits cristaux de chlorite.

L'analyse chimique de cette roche (Raoult) fournit les pourcentages suivants :

SiO^2.....	46,76	CaO.....	1,46	H^2O^+....	6,44
Al^2O^3....	23,40	Na^2O....	2,37	H^2O^-....	2,20
Fe^2O^3....	7,57	K^2O.....	3,99	MnO....	0,11
FeO.....	1,83	TiO^2.....	1,42		
MgO.....	2,27	P^2O^5....	0,43	Total...	100,03

La teneur en eau est si forte que le calcul de la composition minéralogique virtuelle ne mènerait à rien. Cette analyse montre cependant, par rapport à un basalte normal non altéré, que la teneur en silice n'a pas sensiblement varié, qu'il y a eu enrichissement en alumine et perte de magnésie et de chaux et qu'il y a eu apport de potasse. La teneur en potasse rend bien compte de l'abondance des micas (1).

La courbe de déshydratation (J. Orcel) décèle une forte proportion d'eau hygroscopique et la présence de minéraux hydratés, mais l'interprétation précise en est impossible si l'on ne fait appel à d'autres méthodes d'investigation.

L'âge de cette venue basaltique est inconnu. L'état de décomposition avancée de la roche, comparé à la fraîcheur des basaltes tertiaires d'Alsace, pourrait témoigner d'un âge plus ancien; mais il peut ne résulter que des circonstances locales. La teneur en feldspaths rapproche cette roche du basalte de Reichshoffen et l'éloigne des autres roches éruptives basiques du Haut-Rhin (limburgites et basaltes néphéliniques).

GÉOLOGIE. — *Les accidents de la bordure septentrionale et nord-orientale du synclinal crétacé de Camps (Var).* Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai analysé (1) les complications structurales de la terminaison orientale du chaînon de Saint-Quinis, c'est-à-dire du synclinal de Camps. Il convient maintenant de procéder ainsi pour les accidents de la bordure nord et nord-est de cette unité tectonique, en résumant mes observations

(1) On peut comparer l'altération de ce basalte à celle des basaltes du Cantal (Cf. H. Erhart, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 537), mais pour ceux-ci il y a eu élimination des alcalis.

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 650.

détaillées (²) dans la région située au voisinage et au sud de la route nationale de Flassans à Brignoles.

Au delà, vers l'Ouest, du croisement de cette route avec celle de Besse à Cabasse, le Trias supérieur, je le rappelle, forme la base d'un grand ensemble Lias-Jurassique développé vers le Sud jusqu'à la Crête des Aigus. La succession régulière du Rhétien aux Dolomies portlandiennes (³) y est représentée.

Le Keuper, donc, entamé par quelques petites saillies de Muschelkalk au nord de la route nationale, s'enfonce en large voûte sous le Rhétien qui présente la même allure entre les points cotés 279,1 et 285,7. Les plongements de ce terrain, cependant, sont plus accentués au Nord, sous la colline de Maunier dont le faîte est formé de Dolomies néojurassiques. Ces Dolomies constituent la zone axiale d'un long synclinal dirigé E-W et jalonné par les sommets de l'Hubac de la Pellegrine et de Clavière en direction de Camps.

A l'Est, quelques étirements se montrent au pied de la colline de Maunier et de la Colle Balardy qui la prolonge au-dessus du Trias de Flassans. En montant sur cette seconde hauteur, en effet, on voit d'abord le Lias supérieur, qui la couronne, couvrir directement le Keuper. L'Hettangien qui apparaît sur le bord oriental, avec très peu de Domérien, sous le Toarcien, n'affleure ensuite à l'Ouest que vers le point 260,3. Ici, le Lias supérieur et le Bajocien, qui lui succède sur la Colle Balardy, vont manquer et le Bathonien marneux couvrira directement l'Hettangien, le tout plongeant à l'Ouest. A peu de distance de la route nationale, enfin, l'ensemble du Bathonien, qui comprend là sa partie supérieure calcaire, s'étire à son tour et l'Hettangien vient directement au contact des Dolomies portlandiennes.

Il importe de suivre attentivement cette intersection et ses abords aux environs du point 324,5 et loin au delà, vers l'Ouest. Plusieurs complications vont apparaître sur ce trajet.

C'est en premier lieu, contre les Dolomies, un redressement marqué de l'Hettangien, très broyé, qui forme le flanc nord de la voûte maintenant

---

(²) Il s'agit, cette fois, de levers au 1/20000 dont la future traduction cartographique permettra de nombreuses rectifications de la feuille géologique de Draguignan au 1/80000.

(³) Succession que j'ai précédemment décrite du point de vue stratigraphique. Cf. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 32, n° 173, 1929; 38, n° 191, 1935.

déversée. C'est ensuite un remarquable abaissement d'axe des couches néojurassiques de Maunier qui entraîne la dépression des Selves et détermine, au Sud-Ouest d'abord puis au Sud, le plongement des Dolomies sous le Lias inférieur, base de la série des Aigus.

Le chevauchement se poursuit jusqu'au revers méridional de l'Hubac de la Pellegrine avec un pendage sud constant de l'Hettangien et des Dolomies subordonnées. Cependant, au voisinage du point coté 372,5, à l'est du domaine du Pérégrinage, une assez large bande de Rhétien apparue sous l'Hettangien et, même, un lambeau de Keuper vite laminé à l'Ouest, viennent s'intercaler à la base du refoulement. Ces termes appartiennent évidemment à la partie axiale de la voûte indiquée ci-dessus, devenue un anticlinal serré à flanc inverse totalement étiré au Nord.

Au voisinage immédiat de la bastide du Pérégrinage, le long du vieux chemin de Flassans à Camps d'abord, puis entre cette voie et l'Hubac de la Pellegrine, le Lias moyen et supérieur, le Bajocien, le Bathonien marneux complètent le flanc normal et sont affectés d'un fort pendage sud. Sur le plateau de la Cuérache, une lame d'Hettangien déversée s'intercale entre le Rhétien axial et les Dolomies. Mais il faut aller jusqu'au quartier de Piérascas pour observer l'apparition d'autres termes du flanc inverse. Une coupe orientée S-N et passant entre les éminences cotées 313,3 et 316,1 pour atteindre l'Hubac, donne la succession suivante à partir des Dolomies portlandiennes qui supportent normalement le Crétacé de la cuvette de Camps : quelques assises de Bathonien calcaire, un ensemble Bathonien-Bajocien marneux, assez développé, le Bajocien inférieur à *Witchellia*, un Lias supérieur et moyen peu épais, des couches hettangiennes encadrant le Rhétien axial, puis de nouveau le Lias à silex très réduit et des bancs bathoniens laminés et refoulés sur les Dolomies de l'Hubac. Tout plonge au Sud, mais les termes du flanc inverse se redressent au voisinage des Dolomies qu'ils chevauchent faiblement.

Cependant, entre Piérascas et les pentes sud-ouest du Portlandien sous le signal 399, le chevauchement prend graduellement fin, en corrélation avec une élévation d'axe des Dolomies de l'Hubac. En effet, au nord de la plate-forme alluviale de la Grande Pourraque, située sur le Rhétien, les bancs liasiques depuis l'Hettangien jusqu'à l'Aalénien, plongent sous du Bathonien calcaire, avec suppression du Bathonien marneux au col qui franchit le chaînon à l'ouest du point 310,2. Et l'ensemble s'engage maintenant sous les Dolomies néojurassiques, avec un pendage nord. Le même plongement va, d'ailleurs, continuer sur le revers septentrional de l'Hubac et

au-dessus de l'étroit vallon qui aboutit à la route nationale, au voisinage de la bastide ruinée de la Pellegrine. Ce pendage s'accentue sur le bord sud de la dépression où une bande de bauxite à peu près continue, allongée W-E, repose sur les Dolomies très inclinées. Sur cette bauxite, à la limite des pentes boisées de l'Hubac, affleurent des calcaires santoniens roux et grisâtres pétris de Miliolidés (4). Dans l'axe de la dépression apparaissent même quelques sables quartzeux du Santonien supérieur. Au reste, cette gouttière synclinale est bordée au Nord par des Dolomies de pendage sud cette fois, sous lesquelles vient, en bref repli, un affleurement de Bathonien supérieur, près de la Pellegrine.

En somme, aucun des éléments structuraux considérés n'est intéressé par un déplacement tangentiel important.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'équilibre ionique dans l'atmosphère.* Note de M. **Ouang Te-Tchao** et Mme **Odette Thellier**, transmise par M. Paul Langevin.

I. On sait que dans les couches basses de l'atmosphère, où l'on suppose un état d'équilibre des ions, les équations qui expriment la formation et la destruction des gros ions peuvent être représentées par les expressions

(1) $\alpha\,[M-(P+N)]p=\beta\,Pn$ pour les gros ions positifs,

(2) $\alpha'[M-(P+N)]n=\beta' Np$ pour les gros ions négatifs,

en désignant respectivement par α et α' les coefficients de formation pour les gros ions positifs et négatifs, par P, N, p et n les concentrations des gros ions et des petits ions de chaque signe, par β et β' les coefficients de recombinaison entre P et n, et entre N et p; M étant le nombre des particules en suspension par centimètre cube.

Des expériences systématiques ont été exécutées par l'un de nous (1), en vue de vérifier ces deux équations à l'aide de particules artificiellement mises en suspension. Un (2) des résultats expérimentaux montre que le coefficient de formation des gros ions est une fonction inconnue de la

---

(4) Inexistants sur la carte géologique au 1/80000e de Draguignan.

(1) Ouang Te-Tchao, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 855; 204, 1937, p. 852; 204, 1937, p. 1049; 205, 1938, p. 1464; 206, 1938, p. 239; 209, 1939, p. 1288.

(2) Ouang Te-Tchao, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 271.

grosseur des particules et non pas une constante, comme on le suppose généralement.

II. Dans un Mémoire inédit [3], Paul Langevin a donné une théorie du coefficient de formation des gros ions. En supposant que chaque rencontre entre un petit ion et une particule neutre entraîne la formation d'un gros ion, il déduit une expression pour α en calculant le flux des petits ions positifs qui entrent dans une sphère de rayon r autour d'une particule neutre de rayon a, par influence électrostatique et par diffusion des petits ions,

$$(3) \qquad \alpha = \frac{4\pi a D_1}{J} \quad \text{avec} \quad J = \int_0^1 e^{-\frac{\gamma}{2}\frac{\rho^4}{1-\rho^2}} d\rho,$$

où D_1 est le coefficient de diffusion pour les petits ions positifs, $\rho = a/r$, et $\gamma = e^2/a\mathrm{KT}$; K étant la constante de Boltzmann et T la température absolue.

III. Il est facile de déduire de l'expression de Langevin une relation entre les concentrations d'ions. En effet, d'après (3), α est proportionnel à D_1 pour une grosseur déterminée des particules. Puisque D_1 est proportionnel à son tour à la mobilité des petits ions positifs (k_1), il vient

$$(4) \qquad \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{k_1}{k_2}.$$

D'autre part, β est défini par le rapport de Langevin [4] et est égal à $4\pi e k_2$; on a donc

$$(5) \qquad \frac{\beta}{\beta'} = \frac{k_2}{k_1}.$$

Il résulte de (4) et de (5), et en tenant compte de (1) et (2), que

$$(6) \qquad \frac{N}{P}\left(\frac{p}{n}\right)^2 = \left(\frac{k_2}{k_1}\right)^2.$$

IV. Pendant six mois des années 1938 et 1939 des mesures d'ionisation ont été faites par l'un de nous à l'Observatoire géophysique de Chambon-

---

([3]) La théorie complète a été reproduite dans un article de Ouang Te-Tchao (*Annales de Physique*, sous presse).

([4]) *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 414 et 533.

la-Forêt ([5]). Ces mesures ([6]) avaient lieu tous les jours à 9^h, 13^h, 17^h et étaient parfois continuées pendant la nuit toutes les 4 heures. Le tableau suivant donne les moyennes mensuelles obtenues et les valeurs calculées des deux membres de l'équation (6).

	p.	n.	P.	N.	k_1.	k_2.	$\frac{N}{P}\left(\frac{p}{n}\right)^2$.	$\left(\frac{k_2}{k_1}\right)^2$.
Juin 1938......	540	450	1420	1380	1,69	2,03	1,40	1,44
Juill. »	560	485	1200	1130	1,75	2,05	1,26	1,37
Août »	635	395	1070	1180	1,73	2,60	2,85	2,26
Sept. »	550	475	1300	1400	1,82	2,21	1,44	1,47
Oct. »	530	465	1580	1670	1,92	2,23	1,37	1,35
Fév. 1939......	340	280	2070	2220	1,91	2,38	1,58	1,55

La vérification de la formule (6) est satisfaisante.

Avec les séries de mesures étendues sur 24 heures (22 séries pendant les 5 mois de 1938) on peut suivre la variation diurne des deux quantités précédentes qui est donnée dans le tableau suivant :

	p.	n.	P.	N.	k_1.	k_2.	$\frac{N}{P}\left(\frac{p}{n}\right)^2$.	$\left(\frac{k_2}{k_1}\right)^2$.
1 heure.......	750	640	1620	1520	1,95	2,26	1,29	1,34
5 »	660	525	1520	1500	1,94	2,46	1,56	1,61
9 »	495	375	1520	1620	1,70	2,27	1,86	1,78
13 »	540	430	1390	1480	1,71	2,24	1,68	1,72
17 »	660	530	1220	1120	1,80	2,25	1,42	1,56
21 »	900	800	1170	1110	1,81	2,17	1,20	1,44

Les deux quantités calculées semblent présenter des variations diurnes assez nettes dont l'accord est encore satisfaisant.

ALGOLOGIE. — *Sur l'existence réelle de multiples espèces et variétés dans le genre* Pediastrum *Meyen.* Note de M. **Pierre Bourrelly**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Depuis la création du genre *Pediastrum* par Meyen, en 1828, de nombreuses espèces et variétés ont été décrites. De toute évidence, un

---

([5]) Pour le détail de ces observations, voir *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, **19** (sous presse).

([6]) Mme O. Thellier, *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, **14**, 1936, p. 71; *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1124.

certain nombre d'entre elles sont à rejeter parce qu'elles ne représentent que des stades différents, séniles ou juvéniles, d'une même espèce.

Récemment différents auteurs, en particulier N. V. Morozova-Vodianitskaia, puis E. Bigeard ont entrepris une révision partiellle ou totale du genre *Pediastrum*, E. Bigeard ne reconnaît plus l'existence que de 8 (1), puis de 9 (2) espèces. Cette compression est largement approuvée, dans l'ensemble, par G. Deflandre (3).

Les travaux expérimentaux que j'ai entrepris sur les *Pediastrum* m'ont conduit à des résultats nettement différents. Persuadé que les cultures à partir d'une unique cellule pouvaient seules résoudre définitivement le problème, j'ai cultivé depuis deux ans toutes les espèces ou variétés que j'ai pu me procurer et que mon expérience personnelle m'incitait à prendre en considération.

Mes isolements ont été faits en milieu L_4 de Lefèvre, puis, au bout de quelques semaines, entretenus en milieu L_1, plus minéralisé, pour éviter de trop fréquents repiquages.

Toutes les espèces ou variétés cultivées dans ce même milieu, dans des conditions identiques de température et de lumière, sont restées rigoureusement semblables à ce qu'elles étaient dans leurs stations d'origine, et différentes entre elles. Les expériences ont été répétées sur des espèces ou variétés semblables provenant de stations parfois très éloignées, avec le même succès.

Enfin une seconde série d'isolements de ces espèces avait été faite en milieu de Detmer au 1/3. Comme les résultats morphologiques étaient tout aussi concluants et superposables à ceux de la première série, mais que la multiplication des cellules était moins rapide, j'ai abandonné ce milieu.

Il me paraît impossible de nier que des cellules conservant, pendant 2 ans (après environ 200 générations et passage dans 4 milieux différents), leurs caractères d'origine soient de *bonnes espèces*.

J'avais déjà établi (4), avec M. M. Lefèvre, que l'ornementation était parfaitement stable et spécifique, contrairement à l'opinion de certains auteurs.

---

(1) *Les Pediastrum d'Europe* (*Thèse de doct. ès Sc.*, Paris, 1933).
(2) *Bull. Soc. franc. Microsc.*, 8, 1939, p. 13 et 33-37.
(3) *Ibid.*, p. 37-40.
(4) M. Lefèvre et P. Bourrelly, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 368.

Je crois pouvoir affirmer aujourd'hui :

1° qu'il n'existe pas une forme planctonique et une forme benthique pour la même espèce;

2° que la clathration est une manifestation des facteurs internes, nettement spécifique dans son intensité mais variable avec l'âge de la cellule; les différences morphologiques entre espèces graciles et espèces compactes se maintiennent indéfiniment en culture;

3° que les variations des détails morphologiques (comme par exemple la longueur, l'égalité ou l'inégalité des pointes des cellules marginales, la profondeur et l'angle des échancrures) ne sont pas uniquement dues à l'état jeune, adulte ou âgé des cellules, mais sont souvent des caractères spécifiques de grande valeur.

Après expérimentation, je reconnais l'existence des espèces ou variétés suivantes :

Pediastrum Boryanum (Turp.) Menggh., *P. Boryanum* var. *longicorne* Reinsch; *P. integrum* Naegeli; *P. tetras* var. *tetraodon* (Corda) Rabenhorst; *P. angulosum* (Ehrbg.) Menegh.; *P. duplex* type (ornementé de points ordonnés); *P. duplex* var. *coronatum* Racib., *P. duplex* var. *asperum* Al. Braun; *P. duplex* var. *cohaerens* Bohlin; *P. duplex* var. *clathratum* Braun; *P. biradiatum* Meyen var. *longecornutum* Gutwinski; *P. simplex* (Meyen) Lemmermann; *P. clathratum* (Schroeter) Lemmermann). A cette liste il convient d'ajouter *P. Kawraiskyi* Schmidle et *P. Braunii* Wartm. (dont personne ne songe à contester l'existence) ainsi que *P. Heimii*, espèce nouvelle très caractéristique que je viens de découvrir dans des matériaux récoltés à Madagascar par M. Roger Heim, et dont la diagnose sera publiée ultérieurement.

Le nombre des espèces que j'ai pu me procurer et cultiver est très restreint si l'on considère le nombre d'espèces et variétés décrites par les divers auteurs. Il est donc probable que, ces formes ayant été isolées, bon nombre d'entre elles seront également reconnues stables et viendront encore compléter la liste ci-dessus.

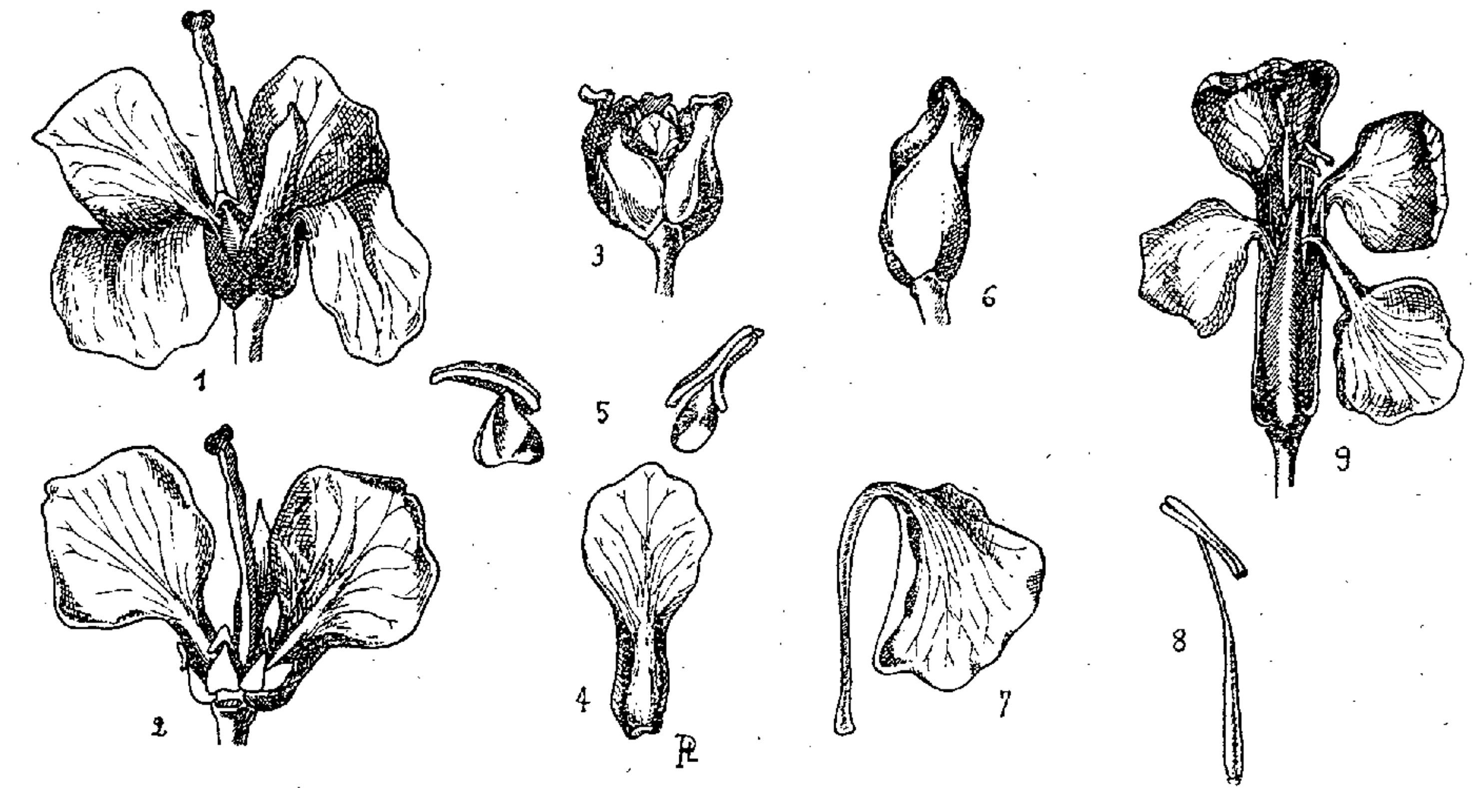
TÉRATOLOGIE VÉGÉTALE. — *Modifications obtenues par l'action directe de la colchicine sur des inflorescences de Crucifères et des fruits de Papavéracées.* Note [1] de M^lle **Lisette Piettre**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La colchicine, agissant sur de très jeunes plantes en voie de croissance, provoque un gigantisme qui se révèle jusque dans les parties florales de

[1] Séance du 16 décembre 1940.

l'individu traité (Pétunias, Lins géants de M. Simonet examinés au Laboratoire du Cap d'Antibes). J'ai obtenu facilement des hypertrophies de rameaux, de tiges (Crucifères, Graminées, Liliacées, Linacées, Cucurbitacées, Équisétacées, ...) par applications d'un mélange à parties égales de colchicine (2 %) et d'agar agar (3 %). Mais les fleurs réagissent-elles quand elles sont soumises à l'action aussi brutale d'un semblable mélange ? L'expérience, tentée à Antibes, a été reprise et poursuivie à la Station Berthelot à Bellevue (S.-et-O.).

Le mélange cité plus haut, placé sur des inflorescences en voie de formation de diverses Crucifères, Giroflée, Cameline, Cresson alénois, entraîne des modifications. Les jeunes boutons floraux ne se trouvent naturellement pas au même stade de croissance : sur une inflorescence de dix à treize fleurs, quatre, cinq ou six boutons ont réagi. Les boutons floraux avancés ne semblent subir aucune transformation, étant déjà trop différenciés pour subir l'action d'un nouvel agent extérieur. Je prends comme type de fleur modifiée la Giroflée, les transformations des autres Crucifères citées étant du même ordre. La fleur (*fig.* 9) acquiert un aspect trapu (*fig.* 1 et 2)



De 1 à 5 : Giroflée traitée; de 6 à 9 : Giroflée témoin.

caractéristique des tissus végétatifs traités par ce mélange colchicine-agar-agar.

I. L'axe de l'inflorescence est hypertrophié et les jeunes boutons floraux restent groupés en une grappe compacte du type chou-fleur; les pédoncules floraux sont courts et épais. Les boutons modifiés (*fig.* 3) diffèrent des boutons témoins (*fig.* 6); ils sont trapus, gonflés, leurs sépales

s'écartent brutalement sous la poussée des pièces internes toutes développées en largeur. Les pétales sont très transformés : l'onglet (*fig.* 7) reste court et charnu (*fig.* 4), de même que le filet des étamines qui conserve une structure pyramidale (*fig.* 5) au lieu de s'étirer en une lame mince et étroite (*fig.* 8). Par leur aspect extérieur, les anthères et l'ovaire, parties essentielles de la reproduction, ne semblent pas avoir subi de modifications importantes, et il y a possibilité de récolter du pollen de qualité et des graines susceptibles de germer. L'étude histologique, interrompue par les événements, révélera sans doute une influence de l'alcaloïde sur les cellules-mères de pollen et sur les ovules en voie de formation. D'après les constatations déjà faites sur des coupes de tissus végétatifs traités à la colchicine, il est probable qu'à ces déformations d'organes floraux correspondent des modifications d'ordre anatomique, différence de taille des cellules, dépôts variables de cellulose ou de lignine, diverses variations dans le nombre des assises cellulaires.

II. L'application du même mélange sur des fruits en voie de formation, en particulier sur de jeunes capsules de Papavéracée (*Meconopsis cambrica*), provoque le changement de forme, le raccourcissement du fruit caractéristique du genre. La capsule reste courte, elle se développe en largeur au lieu de devenir longue et étroite. Elle se dessèche lentement, ses parois ayant réagi sous l'action de la colchicine.

En résumé, l'action brutale de la colchicine sur l'organisation des fleurs de Crucifères et des fruits de Papavéracées est bien différente de l'action lente et graduée constatée le plus souvent lors de l'obtention des plantes tétraploïdes pour d'autres familles. L'alcaloïde introduit par diffusion dans les jeunes plantules, pénétrant progressivement, paraît être supporté au cours du développement des tissus en voie de formation, tissus qui sont plus ou moins modifiés, conservant cependant un certain équilibre biologique. Les fleurs, parties reproductrices de ces plantes traitées jeunes, quoique de plus grande taille, offrent leurs caractéristiques régulières. La présence continue et l'action progressive de la colchicine au cours de toute la vie de la plante aboutissent à un phénomène de gigantisme.

Au contraire, l'action brutale de la colchicine au même taux de concentration sur des inflorescences dont les jeunes boutons sont ébauchés et en voie de développement provoque un arrêt de croissance et l'altération manifeste des boutons sur le point de s'épanouir, ceci accompagné d'une division cellulaire marquée des axes purement végétatifs dont l'état de fascie traduit en quelque sorte une ébauche de gigantisme.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'édification expérimentale de structures du type conjonctif est,* in vivo *comme* in vitro, *une potentialité de certains tissus épithéliaux embryonnaires différenciés.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'édification de structures du type conjonctif par un tissu embryonnaire d'origine épithéliale, isolé à l'état pur, a été établie d'abord *in vitro* (1935) : les cultures d'épithélium vitellin de la Poule construisent des fibres réticulaires, puis des faisceaux collagènes. Cet appareil fibreux est élaboré aussi, dans une certaine mesure, lorsque le milieu ne fournit pas d'apport protéique (liquide de Tyrode). L'entoblaste vitellin, dans les cultures prolongées, perd sa structure épithéliotypique et se transforme progressivement en un tissu fibroblastique à survie indéfinie. Mais, que la cellule vitelline prenne le type fibrocyte, ou passe à l'état de macrophage, en acquérant une forme et des propriétés physiologiques spéciales nouvelles, elle conserve, néanmoins, son pouvoir spécifique de sécréter les enclaves qui la caractérisent ([1]).

R. Lévi-Montalcini et E. Sacerdote décrivent ensuite (1937-1938), la formation de fibres réticulaires et de faisceaux collagènes dans des cultures pures d'épithélium iridien au 19e passage, puis dans l'épithélium amniotique et les feuillets blastodermiques; ils figurent, à leur tour, les fibres de l'entoblaste vitellin ([1]). M. Chauvet (1940), étudiant ce même tissu, chez l'embryon, confirme mes résultats sur la formation des fibres argyrophiles ([2]).

J'ai entrepris des recherches ([3]), afin de vérifier si les *créations de laboratoire* obtenues *in vitro*, se reproduisent, par voie expérimentale, *in vivo*.

L'entoblaste vitellin de l'aire extravasculaire de la vésicule ombilicale, chez l'embryon de la Poule, au quatrième jour, associé à l'ectoblaste, ou séparé par ma méthode d'isolement ([1]), est greffé, dans un pectoral, ou sous la peau de 19 poussins âgés de 1 à 5 jours. Ils sont sacrifiés après un délai variant de 1 à 30 jours. L'entoblaste vitellin isolé est greffé, d'autre part, dans la chambre antérieure de l'œil d'une

---

([1]) J.-André Thomas, *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 11e série, 1, 1938, p. 210-579 (Bibliographie); *Arch. f. exper. Zellforsch.*, 22, 1938, p. 15-37. (Rapport au 5e *Congrès intern. Cytologie expérimentale*).

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 193, 1940, p. 45-46.

([3]) Ces expériences, poursuivies en 1936 et 1937, n'ont pu être publiées jusqu'à présent.

série de poussins. Les fragments de muscle et les yeux greffés sont examinés par les techniques histologiques : coupes en série, trichromes au bleu *Masson*, azan, imprégnations argentiques (*Laïdlaw*) etc. L'histologie spéciale des greffons et les réactions provoquées chez les porte-greffes seront décrites ailleurs.

Dans le muscle et, accessoirement, sous la peau, pendant les 3 premiers jours, l'entoblaste conserve en majeure partie son aspect épithéliotypique. Les greffons d'un jour ne comprennent que des fibres réticulaires proprement dites, non colorées par les teintures électives du collagène, bien mises en évidence, en noir intense, par l'imprégnation à l'argent. Après 2 jours, les fibres réticulaires sont nombreuses, de plus grande taille, constituent des fascicules et des faisceaux peu ondulés, anguleux irréguliers, retenant plus ou moins intensément les colorants du collagène. S'il y a des zones entoblastiques profondes, en dégénérescence, les faisceaux n'y apparaissent pas. Des cellules vitellines se libèrent, contenant encore un peu de deutoplasme, puis essaiment : elles prennent l'état de macrophage et d'histiocyte actif, à membrane ondulante typique. Au quatrième jour, le tissu vitellin est en transformation fibroblastique progressive; au sixième, les faisceaux collagènes, néoformés par le greffon, sont abondants, épais, ondulés, intensément colorables par les mélanges de bleu d'aniline; certains, parmi les plus gros, peuvent s'imprégner en brun légèrement violet par la méthode de Laidlaw, ils sont déjà plus mûrs. Dans les stades ultérieurs, le collagène extrêmement abondant de l'entoblaste fibroblastique et celui de l'hôte ne peuvent être distingués avec certitude.

Les lames et nodules d'ectoblaste édifient des fébrilles réticulaires; des fibres teintées par les colorants du collagène peuvent se développer entre les basales de deux lames, lorsqu'elles se côtoient, ou dans les nappes épithéliales de croissance.

Dans la chambre antérieure de l'œil, la fibrillogenèse et la transformation fibroblastique de l'entoblaste, pendant les premiers stades de l'évolution des greffes, sont de même nature que celles qui viennent d'être décrites.

Inséré en sacs de collodion dans la cavité péritonéale des poussins, l'entoblaste vitellin construit, avant qu'il dégénère, des fibres réticulaires qui prennent les caractères tinctoriaux du collagène.

Les résultats expérimentaux obtenus chez l'animal, confirment ceux établis en culture de tissus; leur signification, ainsi que les difficultés théoriques et terminologiques soulevées, ont été discutées en partie [1]. La potentialité d'élaborer des structures du type conjonctif, — pouvant

toutefois conserver des caractères propres, — semble donc appartenir à certains tissus embryonnaires d'origine épithéliale, ou se développer par épigenèse, lorsque cela est compatible avec le degré de différenciation. Cette potentialité apparaît très probablement dans le tissu épithélial néoplasique des tumeurs mixtes, ou, peut-être, dans certains cas, au cours de l'inflammation.

ZOOLOGIE. — *Un Soricidé nouveau du Pléistocène; considérations paléobiogéographiques.* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Maurice Caullery.

La Faculté catholique de Lille possède dans ses collections géologiques un lot de Micromammifères pléistocènes du Nord de la France, dont elle nous a confié l'étude. Lot d'un intérêt tout à fait particulier, si l'on considère la composition faunistique de cet ensemble.

Le gisement, découvert et exploité par un amateur [1], provenait d'une grotte ou d'un abri sous roche, situé probablement au voisinage de Bavay (Nord). P. Pruvost ayant reconnu la présence du grès calcaire glauconieux ou tourtia de Bellignies, parmi les débris rocheux accompagnant les os, la provenance régionale du gisement se trouve établie. La faune se décompose ainsi : Microtinés; *Lemmus lemmus*, *Dicrostonyx henseli*, *Microtus anglicus*, *M. ratticeps*, *M. arvalis*, *M. agrestis;* Muscardinidé, *Eliomys;* Cheiroptères, *Rhinolophus hipposideros*, *Rh. ferrum-equinum*, *Myotys myotys*, *M. dasycneme*, *M. bechsteini*, *M. nattereri*, *M.* aff. *daubentoni*, *M. mystacinus;* il existe, en outre, plusieurs autres formes de *Myotys* que nous ne pouvons identifier pour l'instant, à l'exception de *M. exilis* Heller, forme éteinte, récemment décrite du Cromerien de Rhénanie (Pliocène supérieur ou Post-Pliocène). Enfin un Soricidé inédit que nous appelons *Sorex minutissimus* nov. sp. (une mandibule gauche où il ne manque que la Pm_1 et la pointe de l'apophyse angulaire).

Forme caractérisée par :

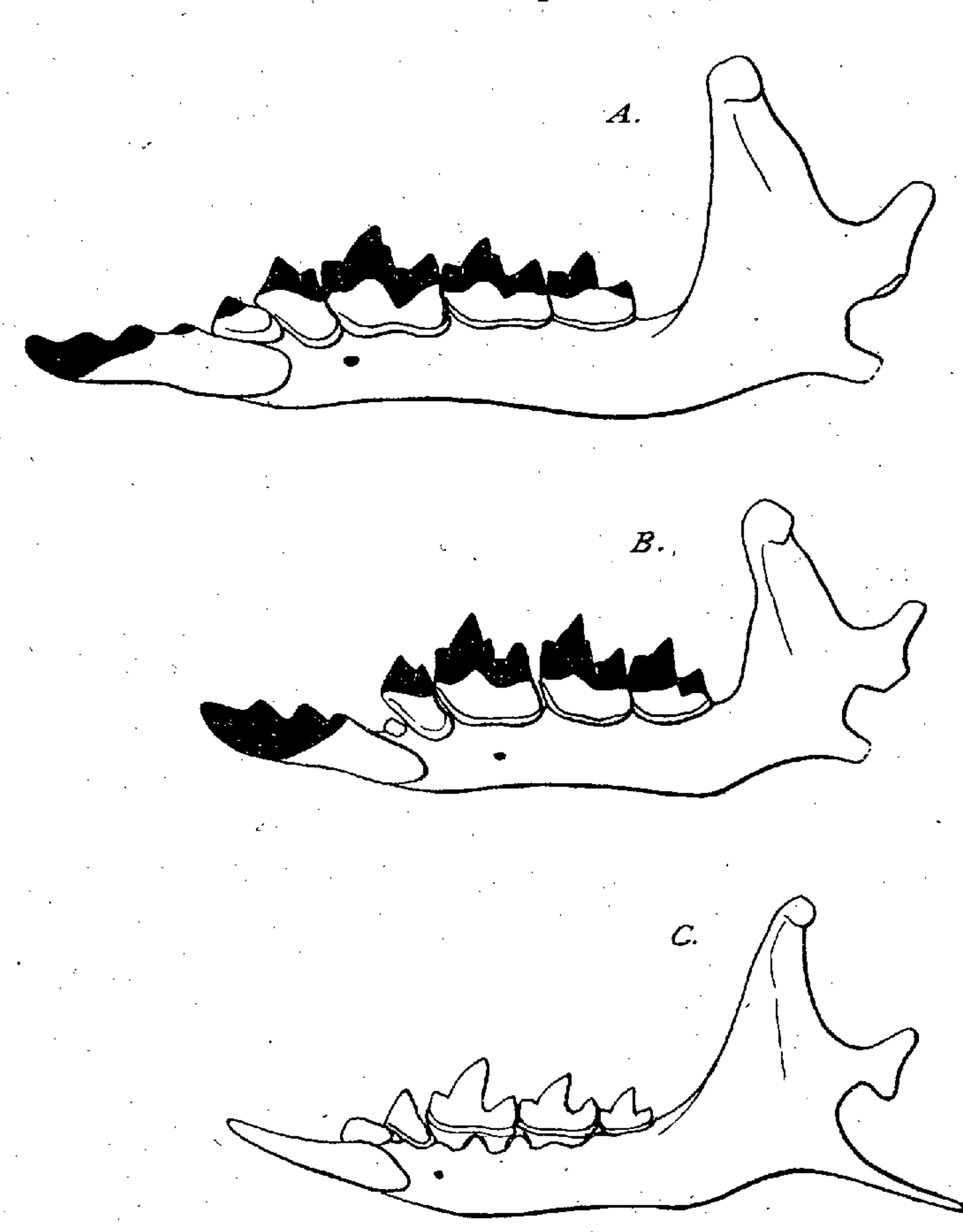
taille très faible (long. incisive-condyle $7^{mm},5$, rangée dentaire 5,1); mandibule plus courte que chez *S. minutus*, mais de même diamètre; portion coronoïde plus incurvée

---

[1] Cet amateur, aujourd'hui décédé, n'a laissé que des renseignements très insuffisants quant aux conditions mêmes du gisement.

en avant, à crête plus proche du bord antérieur; trou mentonnier sous le métaconide de M_1; molaires plus courtes, mais plus hautes que chez *minutus*; incisive plus relevée, mais ressemblant à celle d'*araneus*; pigmentation des dents plus étendue.

Ce *Sorex* est absolument différent des formes éteintes, récemment décrites du Quaternaire d'Europe. Il n'appartient à aucune des nombreuses formes américaines. Parmi les *Sorex* paléarctiques, il n'est guère que



Mandibules de : A, *Sorex minutus*; B, *S. minutissimus* nov. sp.; C, *Suncus etruscus*. (× 10.)

S. tscherskii qui s'en approche. Peut être *S. minutissimus* représente-t-il une forme ancestrale de *S. tscherskii* Ognev, connu des anciens Gouvernements de Moscou, Wladimir et Orel, ainsi que de la région du Baïkal à Sachalin. Les diagnoses et photographies d'Ognev ne sont pas assez expressives pour résoudre la question. Toujours est-il que *S. minutissimus*

est le plus petit *Sorex* fossile. Sa taille correspond à celle de *Suncus etruscus*, *S. madagascariensis*, *S. pannonicus* du Villafranchien de Hongrie, *Sorex tscherskii neglectus*, et *Microsorex hoyi winnemana* qui sont les plus petits Mammifères connus.

Pour des raisons trop longues à discuter ici, nous estimons que les fossiles du gisement susnommé sont tous de même âge, à l'exception de *Rh. ferrum equinum*. Les Lemmings (*Lemmus*, *Dicrostonyx*) représentent les éléments les plus *froids* du Paléolithique supérieur (Würmien). Les Cheiroptères (*Rhinolophus*, *Myotys*) sont caractéristiques du climat tempéré de l'Europe moyenne et plusieurs sont arboricoles. Les espèces actuelles ci-dessus mentionnées habitent encore toutes le Nord de la France. Force est d'admettre qu'à l'époque *froide* d'où proviennent ces os, le climat du Nord de la France était comparable à l'actuel et que les Lemmings étaient simplement refoulés par l'Inlandsis nordique dans une région à climat tempéré. Le gisement en question éclaire d'une façon particulièrement significative cette notion, qui commence enfin à se faire jour, de la douceur relative du climat des plaines françaises aux périodes les plus froides de l'époque glaciaire.

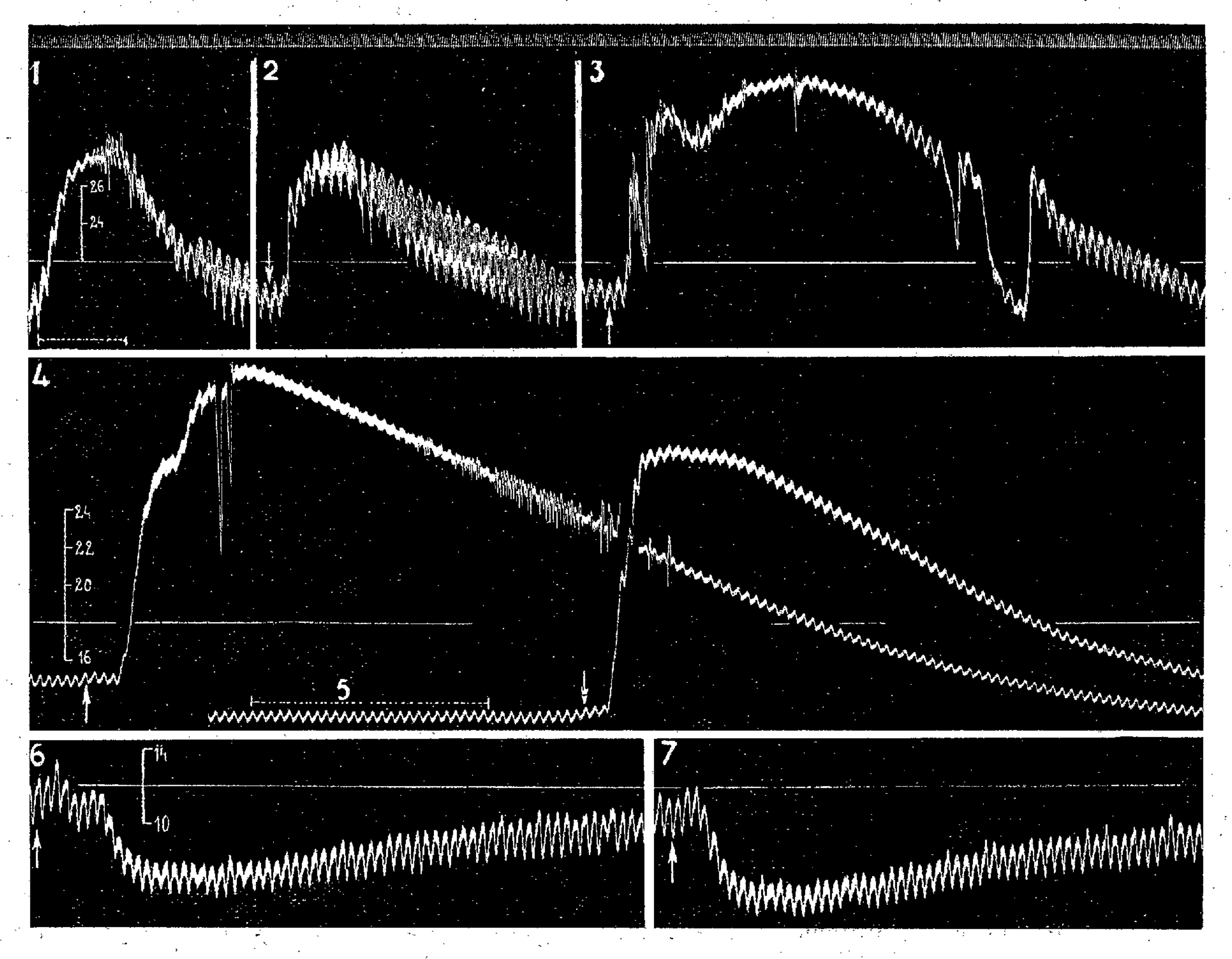
PHARMACOLOGIE. — *Action de la nicotine chez le chien traité par la cocaïne*. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Paul Portier.

Parce que, depuis Tainter, la classification des phénylamines chimiquement voisines de l'adrénaline fait état de ce que la cocaïne diminue les effets hypertenseurs de certaines de ces substances tandis qu'elle augmente ceux des autres, l'étude de l'influence de la cocaïnisation sur l'hypertension produite par la nicotine s'imposait dès lors que nous eûmes démontré que certaines phénylamines, en particulier l'hordénine (1) et l'oxy-hordénine (2), sont douées d'une action nicotinique indéniable.

Les expériences que nous avons consacrées à cette étude nous ont appris que la nicotine renforce et prolonge l'hypertension nicotinique. C'est ainsi que, dans celle dont nous reproduisons ici le graphique, l'injection de 5^{mg} de tartrate de nicotine, qui avait initialement élevé la pression carotidienne de 212 à 324^{mm}, c'est-à-dire de 112^{mm} de Hg, la haussa, après cocaï-

(1) Raymond-Hamet, *Arch. f. Exp. Pathol. u. Pharmakol.*, 158, 1930, p. 187.
(2) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 67.

nisation, de 154 à 320^{mm}, par conséquent de 166^{mm} de Hg. Dans cette expérience, l'injection de 0^{mg},02 d'adrénaline fit monter cette même pression



Expérience du 5 *mars* 1938. — Chien de 12^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2^{e}, 3^{e} et 4^{e} lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. En 1 et en 5, entre les traits verticaux réunis par des lignes interrompues, on a pratiqué l'occlusion continue de la carotide droite, la carotide gauche étant reliée au manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté, dans la saphène, en 2, 5 et 7, 0^{mg},02 d'adrénaline dissous dans 2$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium, en 3, 4 et 6, 5^{mg} de tartrate de nicotine en solution dans 5$^{cm^3}$ de ce même soluté. Entre les tracés 3 et 4, l'animal a reçu une injection sous-cutanée de 360^{mg} de chlorhydrate de cocaïne et a été laissé au repos pendant 20 minutes. Entre les tracés 5 et 6, il a reçu trois injections intraveineuses, la 1re de 12^{mg}, la 2^{e} de 24^{mg}, la 3^{e} de 24^{mg} de chlorhydrate de yohimbine. Tracés réduits de moitié.

de 209 à 284^{mm}, donc de 75^{mm} de Hg, avant l'administration de cocaïne, de 134 à 276^{mm}, soit de 142^{mm} de Hg, après celle-ci. Ainsi la cocaïne

renforce davantage l'hypertension adrénalinique que la hausse de pression produite par la nicotine puisque, alors qu'elle augmente celle-là de 89 %, elle n'accroît celle-ci que de 48 %.

Il convient de noter que, chez cet animal, la cocaïnisation supprima complètement la réaction hypertensive à l'occlusion carotidienne, réaction qui, au début de l'expérience, avait porté la pression artérielle de 209 à 288^{mm}, c'est-à-dire à 79^{mm} de Hg au-dessus de son niveau initial.

Il faut, en outre, remarquer que, chez le chien cocaïnisé tout comme chez le chien normal, la yohimbine transforme en hypotension l'hypertension provoquée tant par la nicotine que par l'adrénaline. Toutefois, alors qu'avec l'adrénaline la pression s'abaisse de façon continue, avec la nicotine elle diminue d'abord faiblement puis remonte très légèrement et enfin seulement descend progressivement vers son niveau le plus bas.

Nos expériences montrent que la cocaïnisation n'agit pas sur l'animal entier comme sur les organes isolés puisqu'elle augmente l'action de la nicotine sur celui-là alors que, d'après Ott et Ulman ([3]) ainsi que d'après Thienes ([4]), elle l'abolit sur ceux-ci.

Elles prouvent, en outre, que si, comme l'a montré Hazard ([5]), la spartéine se rapproche de la cocaïne parce qu'elle augmente comme celle-ci l'action hypertensive de l'adrénaline, elle s'en éloigne beaucoup par son influence sur l'hypertension nicotinique qu'elle abolit ([6]) alors que la cocaïne l'accroît.

EMBRYOGÉNIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur les localisations et le mode de développement du tissu décidual dans les embryomes parthénogénétiques et les gestations extra-utérines.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai mis antérieurement ([1]) en évidence l'existence, dans les embryomes testiculaires avec formations chorio-placentaires, d'un tissu décidual dont

---

([3]) *Journ. of the Americ. Medic. Assoc.*, **44**, 1905, p. 1919.
([4]) *Proceed. of the Soc. f. Exp. Biol. a. Med.*, **25**, 1928, p. 591.
([5]) *Journ. Pharm. et Chim.*, 8e série, **19**, 1934, p. 445.
([6]) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 651.

([1]) *C. R. Soc. Biol.* (Séance du 1er décembre 1940).

les localisations et le mode de développement sont intéressants à comparer avec ceux des nodules déciduaux utérins bien connus chez la Femme.

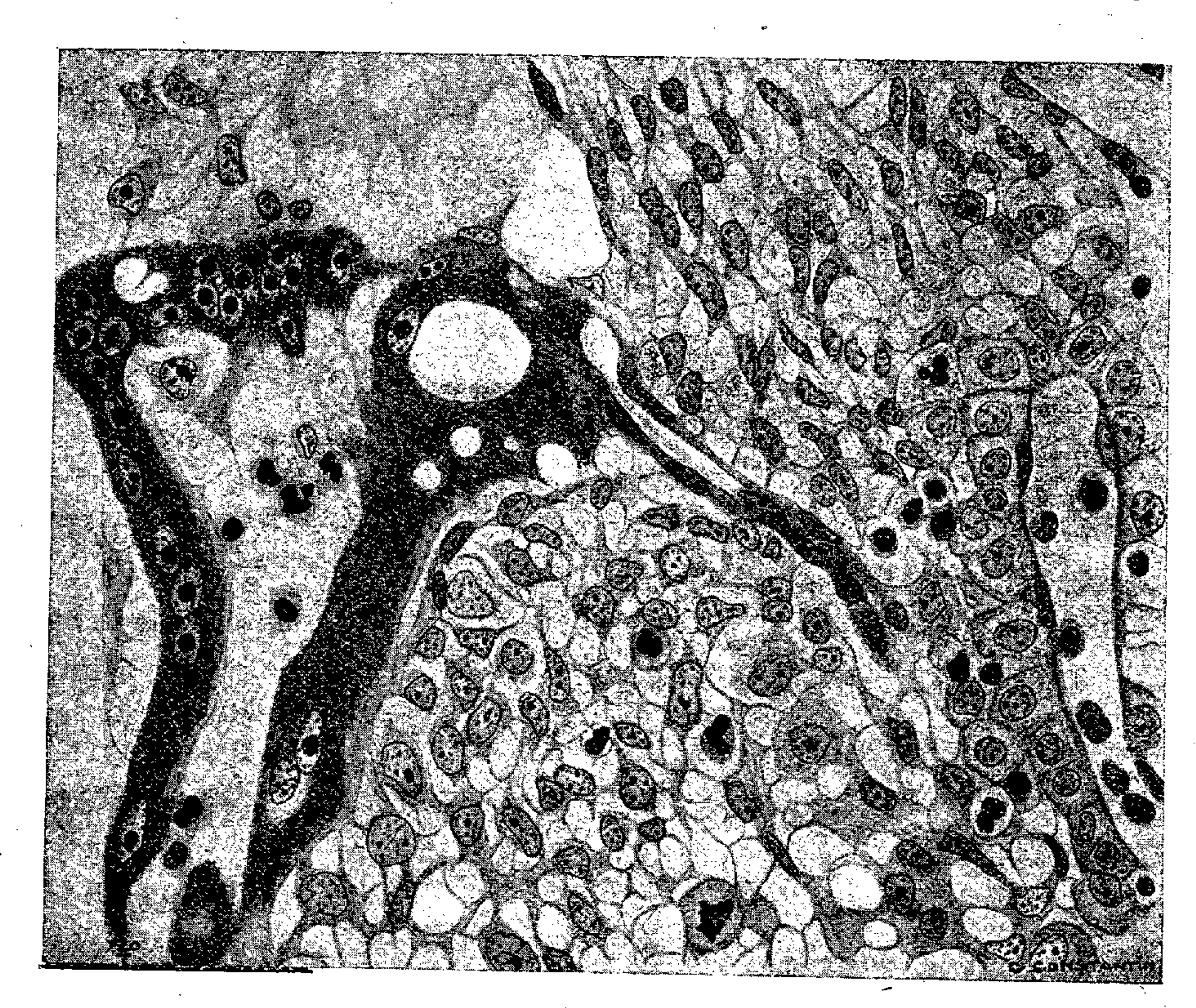
I. L'hypothèse ancienne, rapportant le développement de ce tissu à l'action directe de l'œuf sur la muqueuse utérine, est aujourd'hui écartée, depuis qu'on a constaté, dans les grossesses utérines et extra-utérines, la présence de cellules déciduales ectopiques en des points variables : péritoine de la face postérieure de l'utérus (Josefson), ovaire (Kinoshita), péritoine tubaire (Lange), ou pelvien (Schmorl), grand épiploon (Prochownik), stroma des adénomyomes ou des endométriomes (Amos), ganglions lymphatiques pelviens et péritoine de la face intérieure du diaphragme (Geipel), appendice (Hirchberg). Pour ces deux dernières localisations, le passage du facteur morphogène dans les voies lymphatiques peut être envisagé. Ce développement pluricentrique du tissu décidual (qu'il y aura lieu de vérifier avec soin chez les sujets porteurs d'embryomes) ne peut s'expliquer que par la présence dans le sang d'une hormone généralement rapportée au corps jaune et qui, pour Schiller, serait de nature particulière (théca-lutéine). Mais, si démonstratifs que soient ces faits, les dispositions observées dans nos embryomes montrent qu'il faut également envisager une action directe, locale ou de voisinage, exercée par les formations placentaires; en particulier, on peut retrouver, dans le stroma de la tumeur, une réaction déciduale localisée à la périphérie d'un massif trophoblastique et paraissant correspondre à la zone de diffusion de l'hormone. D'autre part, la curieuse localisation de cette réaction déciduale au feuillet viscéral de la séreuse vaginale peut également être attribuée à l'action de voisinage exercée par le tissu placentaire; on peut même envisager une filtration de l'hormone et son accumulation dans l'exsudat séreux fréquent au niveau de la vaginale.

Quoi qu'il en soit, le passage de l'hormone placentaire dans la circulation ne saurait être mis en doute, car il peut seul expliquer la coexistence de la réaction histologique déciduale et de la réaction gravidique d'Aschheim-Zondek.

II. Les embryomes, non plus que les gestations extra-utérines, ne fournissent pas d'arguments favorables à l'hypothèse de R. Mayer, rattachant la genèse des nodules déciduaux ectopiques à l'existence, en ces points, d'une inflammation chronique antérieure.

III. Le rôle de l'hormone du corps jaune dans la genèse ou la persistance du tissu décidual paraissait jusqu'ici bien établi, à la suite des recherches

expérimentales de Loeb et des constatations histologiques plus récentes de Schiller et de Shaw ([2]), sur l'existence (en dehors même de la grossesse), de cellules déciduales dans le stroma ovarien, au voisinage du corps jaune.



Le côté gauche de la figure montre, dans un embryome testiculaire, un plasmode placentaire à noyaux multiples. Sur le côté droit, on voit un capillaire sanguin bordé de cellules déciduales caractéristiques, à cytoplasme clair et membranes cellulaires nettes. Au milieu de la figure, stroma d'architecture syncitiale, avec éléments en voie de transformation déciduale. L'un d'eux est en mitose.

Sans diminuer la valeur de ces faits, mes observations sur les embryomes montrent que le problème devra être repris, puisque l'apparition du placenta suffit à déterminer le processus.

([2]) *Journ. of Obstetrics and Gynecology*, 34, 1927, p. 28 (Bibliographie).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle joué par l'alimentation et par les variations du taux d'acide ascorbique sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du Cobaye.* Note [1] de M. **Jean Bretey**, présentée par M. Émile Roubaud.

Malgré des conditions expérimentales aussi identiques que possible, nous avons eu, à différentes reprises, l'impression que les délais d'apparition des lésions tuberculeuses chez les Cobayes sont plus courts en hiver qu'en été. Comme le régime de nos Cobayes est différent pendant les deux moitiés de l'année, nous avons voulu voir si l'alimentation est susceptible de jouer un rôle dans l'évolution de la tuberculose expérimentale du Cobaye, analogue à celui décrit par P. Giroud, dans le typhus exanthématique.

Nous avons tout d'abord comparé deux lots de Cobayes, dont l'un était au régime habituel d'hiver composé de foin, de betteraves et de comprimés d'avoine, et dont l'autre recevait des fanes de chou au lieu des betteraves. Cinq jours après le début du régime, tous les animaux furent inoculés par injection sous la peau de $0^{mg},001$ de bacilles tuberculeux virulents. Les survivants furent sacrifiés six semaines plus tard.

Les Cobayes témoins présentaient des ganglions inguinaux et sous-lombaires de la taille d'un pois, leurs rates étaient augmentées de volume et portaient de nombreux tubercules. La moitié des animaux présentait un début de généralisation au foie.

Par contre, chez les Cobayes dont l'alimentation comportait du chou, les ganglions étaient bien moins gros que chez les témoins; les rates, à peine hypertrophiées, présentaient beaucoup moins de tubercules et même, trois fois sur dix, aucune lésion macroscopiquement visible ne pouvait être relevée. Enfin aucun n'avait de lésion aux autres organes. Ces résultats furent exactement reproduits dans une seconde expérience effectuée, dans les mêmes conditions, sur deux lots identiques.

Ces faits pouvaient être interprétés comme résultant de la teneur différente des deux régimes en vitamine C. Bien que quelques auteurs aient contesté l'action de cette vitamine sur la tuberculose, la plupart admettent

---

[1] Séance du 16 décembre 1940.

que sa carence peut avoir une action défavorable sur l'évolution de la maladie. C'est ce que nous avons cherché à vérifier.

A cet effet, au cours de deux expériences différentes, des lots de quinze Cobayes chacun ont été mis au régime scorbutigène de Sherman-La Mer-Campbell, et ont reçu des doses variables d'acide *l*-ascorbique. Ceux qui en recevaient $1^{mg},5$ par jour se sont comportés comme nos témoins des expériences précédentes, nourris sans chou. Lorsque la dose est réduite à $0^{mg},4$, et bien qu'il n'y ait pas encore de signes de scorbut, les rates sont très hypertrophiées, bourrées de tubercules, et il y a toujours des lésions au foie et aux poumons. L'aggravation est donc très manifeste chez les animaux carencés. Dans le lot qui recevait 2^{mg} d'acide ascorbique, on observe une légère diminution des lésions par rapport à celui qui n'en recevait que $1^{mg},5$.

Afin de voir si cet effet favorable est encore accru par des doses plus fortes d'acide ascorbique, nous en avons donné à un lot de Cobayes jusqu'à 40^{mg} par jour en injections sous-cutanées. Cette dose correspond sensiblement à celle qui est ingérée sous forme de choux par nos Cobayes des premières expériences. Chez ces animaux, les lésions n'étaient pas moindres que chez ceux qui recevaient $1^{mg},5$ seulement.

Ces expériences, qui portaient sur 140 animaux, montrent donc que, chez le Cobaye carencé en vitamine C, l'évolution de la tuberculose est très aggravée, tant au point de vue du nombre que de la rapidité d'apparition des lésions spléniques. La généralisation aux autres organes est aussi plus précoce. Chez de tels Cobayes, les doses moyennes ($1,5$-2^{mg}) d'acide ascorbique produisent un ralentissement net de l'évolution qui devient dès lors comparable à celle que l'on observe chez les animaux nourris avec le régime habituel d'hiver. Celui-ci est pourtant déjà carencé dans une certaine mesure. Les doses fortes (40^{mg}) sont incapables d'accroître cette action favorable et sont bien loin de reproduire l'amélioration obtenue par le remplacement des betteraves par des fanes de chou. Il en résulte que l'action de celles-ci ne peut être expliquée par leur seule richesse en acide ascorbique.

Différentes hypothèses nous paraissent pouvoir être envisagées :

1° Sous sa forme chimique, l'acide ascorbique ne constituerait pas la totalité de la vitamine C et serait moins actif que sous sa forme naturelle. Cette hypothèse a déjà été proposée par certains auteurs, qui ont observé des cas de scorbut résistant à l'acide ascorbique, mais ces cas sont rares,

2° L'acide ascorbique, absorbé sous sa forme naturelle, agirait en synergie avec d'autres vitamines, A ou P par exemple. Mais nos animaux recevaient, par leur régime, des quantités suffisantes de la première, et l'action physiologique de la seconde a surtout été décrite comme agissant sur les capillaires, dont nous n'avons remarqué aucune lésion à l'autopsie.

3° On peut donc être amené à concevoir l'existence d'un facteur nouveau, plus ou moins spécifique, peut-être analogue à la vitamine J ou C_2, dont von Euler a décrit l'action remarquable sur l'infection pneumococcique du Cobaye.

La gravité de la carence en vitamine C chez le Cobaye tuberculeux nous fait penser qu'il doit en être de même chez l'Homme. Bien que chez celui-ci le rôle curatif de l'acide ascorbique n'ait pas encore été nettement démontré, on peut penser que sa carence, plus fréquente qu'on ne le pense généralement chez le sujet sain, joue un rôle dans le fléchissement de la résistance de l'organisme à l'infection tuberculeuse. Nous pensons que c'est par des recherches de cet ordre que doit être entreprise l'étude du terrain.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1940.

Cours de géométrie analytique, par GEORGES BOULIGAND. Troisième édition. Paris, Librairie Vuibert, 1940; 1 vol. 22cm,5.

Index d'analyse et de géométrie suivi de suppléments sur la théorie de l'intégrale, sur la spatialisation, sur la transformation de Sophus Lie, par GEORGES BOULIGAND. Paris, Librairie Vuibert, 1940; 1 vol. 22cm,5.

Abrégé de la Vie de M. le Marquis de Torcy escrite par Mme la Marquise d'Ancezune, sa fille, par JEAN MARCHAND. Extrait de la *Revue d'histoire diplomatique*. Paris, Éditions d'histoire générale et d'histoire diplomatique, 1933; 1 fasc. 25cm,5.

Le départ en mission de l'astronome J.-N. Delisle pour la Russie (1721-1726), par JEAN MARCHAND. Extrait de la *Revue d'histoire diplomatique*, 1929. Paris, Éditions d'histoire générale et d'histoire diplomatique, 1929; 1 fasc. 25cm,5.

La mission extraordinaire du Marquis de Torcy au Danemark et son voyage en Suède (1685), par JEAN MARCHAND. Extrait de la *Revue de Paris*. Paris, 1930; 1 fasc. 23cm,5.

Préhistoire, par L. AUFRÈRE. Tome VII. Fascicule unique. Paris, Presses Universitaires de France, 1940; 1 vol. 28cm,5 (présenté par M. Em. de Margerie).

Essai sur les premières découvertes de Boucher de Perthes et les Origines de l'Archéologie primitive (1838-1844), par L. AUFRÈRE. *Épreuves et Synthèses*, no 1. Paris, Librairie L. Staude, 1936; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. Em. de Margerie).

Géologie des gîtes minéraux, par E. RAGUIN. Paris, Masson et Cie, 1940; 1 vol. 25cm,5.

Bulletin de la Société géologique de France, par CHARLES JACOB. Cinquième série. Tome neuvième. Fascicule 6-7. Paris, Société géologique de France, 1939; 1 vol. 25cm,5.

FIN DU TOME DEUX-CENT-ONZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1940.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 211.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

H

N

P

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

J

K

L

M

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
114899-41 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.